

Gestaltung von Informations- und Kommunikationssystemen im Fahrzeug im Hinblick auf
strukturelle Leistungsgrenzen des Menschen

Von der Fakultät für Lebenswissenschaften
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Naturwissenschaften

(Dr. rer. nat.)

genehmigte

D i s s e r t a t i o n

von Patricia Eva Nowak
aus Chorzów / Polen

1. Referentin oder Referent:

Prof. Dr. Mark Vollrath

2. Referentin oder Referent:

PD Dr. habil. Meike Jipp

eingereicht am:

01. Oktober 2018

mündliche Prüfung (Disputation) am:

14. Dezember 2018

Druckjahr:

2019

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei meiner Dissertation unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Mark Vollrath für die beste Betreuung, die man sich nur wünschen kann.

Frau PD Dr. Meike Jipp danke ich für die Übernahme des Koreferats und die hilfreichen Anregungen.

Frau Dr. Anja Katharina Huemer danke ich herzlich für die fachliche und moralische Unterstützung, die mir half, die eine oder andere Hürde zu überwinden.

Für den technischen Support sowie die Erstellung der Simulationen danke ich Frau Doris Sonntag.

Weiter möchte ich Frau Katharina Heuer und Frau Larissa Joos für die Unterstützung bei den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuche danken.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht haben und mich bei all meinen Entscheidungen immer unterstützt haben.

Nicht zuletzt danke ich meinem Freund, dessen Unterstützung und Zuspruch die schwereren Zeiten deutlich leichter gemacht haben.

Vorveröffentlichungen der Dissertation

Teilergebnisse aus dieser Arbeit wurden mit Genehmigung der Fakultät für Lebenswissenschaften, vertreten durch den Mentor der Arbeit in folgenden Beiträgen vorab veröffentlicht:

Publikationen

Vollrath, M., Huemer, A.K., Nowak, P. & Pion, O. (2014). Ablenkung durch Informations- und Kommunikationssysteme. *Unfallforschung der Versicherer, Forschungsbericht Nr. 26*. Berlin.

Posterbeiträge

Nowak, P., Huemer A.K. & Vollrath, M. (2016). *Meta-Analyse von experimentellen Studien zur Ablenkungswirkung von Informations- und Kommunikationssystemen beim Fahren*. Posterbeitrag beim 50. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Leipzig, 18.09.-22.09.2016.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Abbildungsverzeichnis | V |
| Tabellenverzeichnis..... | IX |
| Zusammenfassung..... | XI |
| Abstract..... | XIII |
| 1. Einleitung..... | 1 |
| 2. Meta-Analyse..... | 7 |
| 2.1. Einleitung..... | 7 |
| 2.2. Methode..... | 10 |
| 2.3. Ergebnisse | 13 |
| 2.3.1. Überblick Studienmethodik | 13 |
| 2.3.2. Ergebnisse pro IKS | 18 |
| 2.3.2.1. Telefon | 19 |
| 2.3.2.1.1. Telefonieren | 19 |
| 2.3.2.1.2. Bedienungsaufgaben Telefon..... | 20 |
| 2.3.2.1.2.1. Simple Bedienungsaufgaben Telefon..... | 20 |
| 2.3.2.1.2.2. Komplexe Bedienungsaufgaben Telefon | 21 |
| 2.3.2.2. Kurznachrichten (SMS)..... | 22 |
| 2.3.2.3. Musik..... | 23 |
| 2.3.2.4. Mensch-Maschine-Interface (MMI)..... | 24 |
| 2.3.2.5. Navigation | 25 |
| 2.3.3. Zusammenfassung der IKS Ergebnisse..... | 26 |
| 2.3.4. Alkoholvergleich..... | 28 |
| 2.4. Diskussion | 29 |
| 3. Studie 1..... | 36 |
| 3.1. Einleitung | 36 |
| 3.2. Methode..... | 39 |
| 3.2.1. Stichprobe | 39 |
| 3.2.2. Versuchsplan..... | 39 |
| 3.2.3. Informationssysteme | 40 |
| 3.2.3.1. Visuelles Informationssystem | 40 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.3.2. | Sprachliches Informationssystem | 41 |
| 3.2.4. | Szenarien | 41 |
| 3.2.5. | Fahrstrecke und Simulator | 44 |
| 3.2.6. | Aufgabe | 45 |
| 3.2.7. | Abhängige Variablen | 45 |
| 3.2.7.1. | Fahrdaten | 45 |
| 3.2.7.2. | Subjektive Bewertung | 45 |
| 3.2.8. | Durchführung | 46 |
| 3.3. | Ergebnisse | 47 |
| 3.3.1. | Subjektive Befragung | 47 |
| 3.3.1.1. | Szenario 1 bis 4 | 47 |
| 3.3.1.2. | Szenario 5 | 49 |
| 3.3.2. | Fahrdaten | 50 |
| 3.4. | Diskussion | 52 |
| 4. | Studie 2 | 55 |
| 4.1. | Einleitung | 55 |
| 4.2. | Methode | 58 |
| 4.2.1. | Stichprobe | 58 |
| 4.2.2. | Versuchsplan | 58 |
| 4.2.3. | Szenarien | 59 |
| 4.2.4. | Fahrstrecke und Simulator | 62 |
| 4.2.5. | Fahraufgabe | 62 |
| 4.2.6. | Nebenaufgaben | 62 |
| 4.2.6.1. | Surrogate Reference Task (SuRT) | 62 |
| 4.2.6.2. | Farbfolge | 63 |
| 4.2.7. | Abhängige Variablen | 64 |
| 4.2.7.1. | Subjektive Bewertung | 64 |
| 4.2.7.2. | Fahrvariablen | 65 |
| 4.2.8. | Durchführung | 67 |
| 4.3. | Ergebnisse | 67 |
| 4.3.1. | Subjektive Befragung | 67 |
| 4.3.1.1. | Bewertung der Szenarien - Manipulationscheck | 68 |
| 4.3.1.2. | Bewertung der eigenen Leistung, des eigenen Verhaltens | 68 |
| 4.3.2. | Fahrdaten | 71 |

| | | |
|---|--|------------|
| 4.3.2.1. | Vorhersehbar-periphere Szenarien | 71 |
| 4.3.2.1.1. | Szenario 1 | 72 |
| 4.3.2.1.2. | Szenario 2..... | 73 |
| 4.3.2.2. | Vorhersehbar-zentrale Szenarien | 76 |
| 4.3.2.2.1. | Szenario 3..... | 76 |
| 4.3.2.2.2. | Szenario 4..... | 77 |
| 4.3.2.3. | Unvorhersehbar-periphere Szenarien | 80 |
| 4.3.2.3.1. | Szenario 5..... | 80 |
| 4.3.2.3.2. | Szenario 6..... | 82 |
| 4.3.2.4. | Unvorhersehbar-zentrale Szenarien..... | 84 |
| 4.3.2.4.1. | Szenario 7..... | 84 |
| 4.3.2.4.2. | Szenario 8..... | 86 |
| 4.4. | Diskussion | 87 |
| 5. | Gesamtdiskussion | 92 |
| Literatur | | 96 |
| Anhang | | 102 |
| Alvarez, Alnizami, Dunbar, Jackson & Gilbert (2015)..... | | 102 |
| Beede & Kass (2006) | | 102 |
| Biondi, Turill, Coleman, Cooper & Strayer (2015) | | 102 |
| Burns, Parkes, Burton, Smith & Burch (2002) | | 103 |
| Charlton (2004) | | 103 |
| Charlton (2009) – Zwei Untersuchungen..... | | 103 |
| Cooper & Strayer (2008)..... | | 104 |
| Cooper, Vladislavjevic, Medeiros-Ward, Martin & Strayer (2009)..... | | 104 |
| Crisler, Brooks, Ogle, Guirl, Alluri & Dixon (2008)..... | | 104 |
| Drews, Pasupathi, & Strayer (2008) | | 105 |
| Hancock, Lesch & Simmons (2003) | | 105 |
| Haque & Washington (2015) | | 105 |
| He, Chaparro, Wu Crandall & Ellis et al. (2015)..... | | 105 |
| He, Choi, McCarley, Chaparro & Wang (2015) | | 106 |
| Hofmann, Tobisch, Ehrlich & Berton (2015) | | 106 |
| Holland & Rathod (2013) | | 106 |
| Horrey & Wickens (2004)..... | | 107 |
| Horrey, Lesch & Garabet (2008) | | 107 |
| Hosking, Young & Regan (2007) | | 107 |

| | |
|---|-----|
| Jamson & Jamson (2010) | 108 |
| Kass, Cole & Stanny (2007)..... | 108 |
| Knapper, Hagenzieker & Brookhuis (2015)..... | 108 |
| Kujala, Grahn & Holmstedt (2015)..... | 109 |
| Laberge, Scialfa, White & Caird (2004) | 109 |
| Lamble, Kauranen, Laakso & Summala (1999)..... | 109 |
| Lasch & Kujala (2012)..... | 109 |
| Lasch & Kujala (2013)..... | 110 |
| Lee, Roberts, Hoffman & Angell (2012) | 110 |
| Louveton, McCall, Koenig, Avanesov & Engel (2016)..... | 110 |
| Maciej & Vollrath (2009)..... | 111 |
| McCallum, Campbell, Richman & Brown (2004) | 111 |
| McKeever, Schultheis, Padmanaban & Blasco (2013) | 111 |
| McNabb & Gray (2016) | 111 |
| Noy, Lemoine, Klachan & Burns (2004) | 112 |
| Owens, McLaughlin & Sudweeks (2011) | 112 |
| Oviedo-Trespalacios, Haque, King & Washington (2015) | 112 |
| Parkes, Luke, Burns & Lansdown (2007) | 113 |
| Parkes & Hooijmeijer (2000) | 113 |
| Patten, Kircher, Ostlund & Nilsson (2004) | 113 |
| Pereira, Hamama, Dapzol, Bruyas & Simões (2009)..... | 114 |
| Rakauskas, Gugerty & Ward (2004) | 114 |
| Ranney, Harbluk & Noy (2002)..... | 114 |
| Saifuzzaman, Haque, Zheng & Washington (2015)..... | 115 |
| Samost, Perlman, Domel, Reimer, Mehler B., Mehler A., Dobres & Williams (2015)..... | 115 |
| Sinelnikova, Lee, Reimer, Mehler & Coughlin (2015)..... | 115 |
| Strenger, Vöhringer-Kuhnt & Thüring (2009) | 115 |
| Treffner & Barrett (2004)..... | 116 |
| Tsimhoni, Smith & Green (2004) | 116 |
| Young, Mitsopoulos-Rubens, Rudin-Brown & Lenné (2012) | 116 |
| Young, Rudin-Brown, Patten, Ceci & Lenné (2013) | 117 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Darstellung des Models Multipler Ressourcen nach Wickens (2008)..... | 3 |
| Abbildung 2: Dargestellt sind die beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008). | 4 |
| Abbildung 3: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und SMS schreiben als Nebenaufgabe (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008)..... | 9 |
| Abbildung 4: Grafische Darstellung des Selektionsverfahrens der Veröffentlichungen für die Meta-Analyse. | 11 |
| Abbildung 5: Mittlere Anzahl untersuchter Variablen pro Studie..... | 15 |
| Abbildung 6: Mittlere Anzahl berichteter Befunde pro Studie (rechts). | 16 |
| Abbildung 7: Dargestellt sind die vier häufigsten Parameter der Längsführung im Vergleich zur den übrigen Befunden (N = 311)..... | 16 |
| Abbildung 8: Dargestellt sind die drei häufigsten Parameter der Quersführung im Vergleich zur den übrigen Befunden (N = 239)..... | 17 |
| Abbildung 9: IKS sortiert nach Anteil der Beeinträchtigung in Prozent sowie der jeweilige 95 %-Vertrauensintervall..... | 27 |
| Abbildung 10: Vergleich der Leistungseinbußen bei der Fahrperformanz zwischen IKS-Nutzung und Fahren unter Alkohol. Dargestellt ist jeweils die prozentuale Anzahl signifikant schlechterer Befunde bezogen auf die BAK-Konzentration in Promille. | 29 |
| Abbildung 11: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und einem visuellen Informationssystem im HUD (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008)..... | 36 |
| Abbildung 12: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und einem sprachlichen Informationssystem (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008)..... | 37 |
| Abbildung 13: Grafische Darstellung des Versuchsdesigns des ersten Versuchsteils. Unabhängige Variable „Informationssystem“ mit den Ausprägungen „kein System“, „visuell“ und „sprachlich“..... | 39 |
| Abbildung 14: Grafische Darstellung des Versuchsdesigns (Cross-Over-Plan) des zweiten Versuchsteils. Unabhängige Variable „Informationssystem“ mit den Ausprägungen „visuell“ und „sprachlich“ in unterschiedlicher Reihenfolge in den beiden Gruppen..... | 40 |
| Abbildung 15: Darstellung der modifizierten Symbole des visuellen Informationssystems. Das linke Symbol zeigt ein entgegenkommendes, die übrigen ein vorausfahrendes Nutzfahrzeug. Der Pfeil zeigt die Ausschwenkrichtung des Fahrzeugs an. | 41 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 16: Beispiel für die Aufzeichnungswinkel der am LKW angebrachten Video- kameras. Oben Blick aus dem rechten und linken Außenspiegel, unten li Blick nach vorn. Unten rechts: Kamera mit Heckansicht ausgefallen (Quelle: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (IMN), TU Braunschweig)..... | 42 |
| Abbildung 17: Schematische Darstellung der fünf Fahrscenarien. Szenario 1 – 4 waren Inhalt der ersten Versuchsfahrt, Szenario 5 Inhalt der zweiten Versuchsfahrt. | 43 |
| Abbildung 18: Statischer Fahr Simulator des Lehrstuhls für Ingenieur- und Verkehrspsychologie der TU Braunschweig. | 44 |
| Abbildung 19: Beispiel-Item des subjektiven Fragebogens zur Beurteilung der Informations- systeme. | 46 |
| Abbildung 20: Beispiel-Item des subjektiven Fragebogens zur Beurteilung der Szenarien hin- sichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit in realen Verkehr. | 46 |
| Abbildung 21: Nützlichkeit-Vergleich mit und ohne System (links). Vergleich beider Informationssysteme (rechts)..... | 48 |
| Abbildung 22: Vergleich der Nützlichkeitsbewertung beider Informationssysteme im Anschluss an Szenario 5. | 49 |
| Abbildung 23: Vergleich der Verständlichkeit beider Informationssysteme im Anschluss an Szenario 5. | 50 |
| Abbildung 24: Anzahl von Bremsreaktionen gruppiert nach Szenario und Bedingung. | 51 |
| Abbildung 25: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren und der Bearbeitung von SuRT als Zweitaufgabe (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008)..... | 56 |
| Abbildung 26: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und der Bearbeitung der Farbfolge-Aufgabe als Zweitaufgabe (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008). | 57 |
| Abbildung 27: Grafische Darstellung des Versuchsdesigns mit den unabhängigen Variablen „Nebenaufgabe“ (BL, SuRT, Farbfolge), „Situationstyp“ (vorhersehbar/unvor- hersehbar) und „Lokalisation“ (peripher/zentral). | 59 |
| Abbildung 28: Schematische Darstellung der Szenarien 1 – 8. Dabei sind die Szenarien 1 – 4 vorhersehbar, wobei Szenario 1 und 2 vorhersehbar-peripher und Szenario 3 und 4 vorhersehbar-zentral sind. Die Szenarien 5 – 8 sind unvorhersehbar, wobei Szenario 5 und 6 vorhersehbar-peripher und Szenario 7 und 8 vorhersehbar- zentral sind..... | 60 |
| Abbildung 29: Beispielaufgabe der Surrogate Reference Task (SuRT). Dargestellt sind 80 Dis- traktoren. Der Zielreiz ist auf der rechten Bildschirmhälfte zu sehn. | 63 |
| Abbildung 30: Beispielaufgabe der Nebenaufgabe: Farbfolge..... | 64 |
| Abbildung 31: Beispiel-Item des subjektiven Fragebogens zur Beurteilung der eigenen Fahr- leistung während der gesamten Fahrt. | 65 |
| Abbildung 32: Grafische Darstellung der Operationalisierung der Variable „Mindestabstand zum Objekt“ am Beispiel des fünften Szenarios..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 33: Subjektive Bewertung der Vorhersehbarkeit (Mittelwerte und Standardabweichungen) der Szenarien 1 – 8..... | 68 |
| Abbildung 34: Szenario 1..... | 72 |
| Abbildung 35: Mittelwerte und Standartabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Zeit bis maximaler Bremsdruck (rechts) für das Szenario 1..... | 73 |
| Abbildung 36: Szenario 2..... | 73 |
| Abbildung 37: Mittelwerte und Standartabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Zeit bis maximaler Bremsdruck (rechts) für das Szenario 2..... | 75 |
| Abbildung 38: Mittelwerte und Standartabweichung des Fahrparameters Abstand zum Objekt bei Bremsende für das Szenario 2..... | 75 |
| Abbildung 39: Szenario 3..... | 76 |
| Abbildung 40: Szenario 4..... | 77 |
| Abbildung 41: Mittelwerte und Standartabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Zeit bis maximaler Bremsdruck (rechts) für das Szenario 4..... | 78 |
| Abbildung 42: Mittelwerte und Standartabweichung der Fahrparameter Abstand zum Objekt bei Bremsbeginn (links) Abstand zum Objekt bei Bremsende (rechts) für das Szenario 4..... | 79 |
| Abbildung 43: Szenario 5..... | 80 |
| Abbildung 44: Szenario 6..... | 82 |
| Abbildung 45: Mittelwerte und Standartabweichung der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Bremsdauer (rechts) für das Szenario 6..... | 84 |
| Abbildung 46: Szenario 7..... | 84 |
| Abbildung 47: Szenario 8..... | 86 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabelle 1: | Auflistung der Versuchssituation der verwendeten Studien aufsteigend geordnet nach Realitätsgrad. | 14 |
| Tabelle 2: | Anzahl der Variablen, sowie Anzahl der Befunde pro Variablenkategorie..... | 14 |
| Tabelle 3: | Anzahl von Studien bzw. Befunde, sowie Angabe der Stichprobengröße (min./max.) für die jeweiligen IKS bzw. IKS-Aufgaben sortiert nach der Häufigkeit des Vorkommens. Studien die mehr als ein IKS untersuchen sind je nach Anzahl der untersuchten IKS mehrfach vertreten. | 18 |
| Tabelle 4: | Ergebnisse zu den Arten des Telefonierens. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze), sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für das Telefonieren insgesamt und pro Aufgabe. | 20 |
| Tabelle 5: | Ergebnisse zu den simplen Teilaufgaben bei der Telefonbedienung. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) und sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die simple Telefonbedienung insgesamt und pro Aufgabe. | 21 |
| Tabelle 6: | Ergebnisse zu den komplexen Teilaufgaben bei der Telefonbedienung. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) und sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die komplexe Telefonbedienung insgesamt und pro Aufgabe. | 22 |
| Tabelle 7: | Ergebnisse zu Nutzung von SMS. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) und sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die Nutzung von SMS insgesamt und pro Aufgabe. | 23 |
| Tabelle 8: | Ergebnisse zu den Teilaufgaben bei Musikgeräten. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) und sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die Musikgeräte insgesamt und pro Gerät/Aufgabe. | 24 |
| Tabelle 9: | Ergebnisse zur Bedingung von MMI-Systemen. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) und sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde insgesamt und pro Aufgabe..... | 25 |
| Tabelle 10: | Ergebnisse zur Bedingung von Navigationsgeräten. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) und sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die Navigation insgesamt und pro Aufgabe. . | 26 |
| Tabelle 11: | Zusammenfassung der Ergebnisse des Vote-Countings. Dargestellt sind der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit ihrem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze), sowie die Anzahl der Befunde mit dem Anteil besserer und nicht signifikanter insgesamt und pro Aufgabe bzw. Gerät.... | 28 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabelle 12: | Subjektive Bewertung der Kritikalität der Situationen 1 – 4..... | 48 |
| Tabelle 13: | Darstellung der Haupteffekte der Variablen Bremsreaktion, maximaler Bremsdruck und Gasrücknahmezeit für die Szenarien 1 – 4..... | 51 |
| Tabelle 14: | Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Bewertung der eigenen Fahrleistung pro Szenario..... | 69 |
| Tabelle 15: | Ergebnisse der ANOVAs für die subjektive Bewertung der eigenen Fahrleistung pro Szenario..... | 69 |
| Tabelle 16: | Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Bewertung des Einflusses der Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten pro Szenario | 70 |
| Tabelle 17: | Ergebnisse der MANOVA für die subjektive Bewertung der Einflussstärke der Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten pro Szenario. | 70 |
| Tabelle 18: | Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Bewertung der gesamten Fahrt für die Variablen Fahrleistung und Einfluss der Nebenaufgabe auf die Fahrperformanz..... | 71 |
| Tabelle 19: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 1..... | 72 |
| Tabelle 20: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 1. ... | 73 |
| Tabelle 21: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 2..... | 74 |
| Tabelle 22: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 2. ... | 74 |
| Tabelle 23: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 3..... | 76 |
| Tabelle 24: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 3. ... | 77 |
| Tabelle 25: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 4..... | 77 |
| Tabelle 26: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 4. ... | 78 |
| Tabelle 27: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 5..... | 80 |
| Tabelle 28: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 5. ... | 81 |
| Tabelle 29: | Abweichung von der Idealspur nach dem Abbiegevorgang wenn das kritische Objekt (Radfahrer) die Idealspur kreuzt für das Szenario 5. | 81 |
| Tabelle 30: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 6..... | 82 |
| Tabelle 31: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 6. ... | 83 |
| Tabelle 32: | Abweichung von der Idealspur nach dem Abbiegevorgang zum Zeitpunkt des Losfahrens des Kritischen Objekts (ausparkender PKW) in Szenario 6. | 83 |
| Tabelle 33: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 7..... | 85 |
| Tabelle 34: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 7. ... | 85 |
| Tabelle 35: | Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 8..... | 86 |
| Tabelle 36: | Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 8. ... | 87 |
| Tabelle 37: | Zusammenfassung der Ergebnisse hinsichtlich der Anforderungen durch die Szenarien sowie der Beanspruchung durch die Nebenaufgaben. | 88 |

Zusammenfassung

Die zunehmende Komplexität von Informations- und Kommunikationssystemen (IKS) und ihr verstärkter Einzug ins Fahrzeug macht die Ablenkung durch diese Systeme laut Experten zur Unfallursache Nummer 1. Gleichzeitig ist jedoch die Nutzung der Systeme dem Gesetz nach (StVO, §23, 1) mit Einschränkungen erlaubt. So erlaubt die Straßenverkehrsordnung z.B. die akustisch-verbale Bedienung von IKS. Allerdings ist noch unklar, welche Bedienaufgaben den Fahrer wann und wie stark ablenken und sich negativ auf seine Fahrleistung auswirken. Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, besser zu verstehen, welche Arten von Bedienaufgaben in welchen Situationen die Fahrleistung beeinträchtigen. Um das Ausmaß der Beeinträchtigung durch die jeweiligen IKS bzw. Bedienaufgaben einzuschätzen, wurde zunächst eine Meta-Analyse empirischer Untersuchungen zur Wirkung von IKS durchgeführt. Dabei zeigt sich, konform zu der Theorie Multipler Ressourcen von Wickens (1980, 2008), dass Tätigkeiten umso stärker mit dem Autofahren interferieren, je ähnlicher sie diesem hinsichtlich der Anforderungen an die Ressourcen sind, was insbesondere für räumliche Aufgaben mit visueller Informationsaufnahme und manueller Reaktion gilt. Da jedoch zusätzliche Informationen für den Fahrer durchaus hilfreich sein können und zu seiner Entlastung und somit einer schnelleren Reaktion auf potenzielle Gefahrenquellen führen können, wurde in einer Simulatorstudie mit älteren Fahrern untersucht, ob sprachlich dargebotene Informationen den Fahrer unterstützen können ohne ihn dabei abzulenken. Der Vergleich zwischen einem sprachlichen und einem visuellen Informationssystem zeigte, dass die Gruppe der Senioren das sprachliche Informationssystem als deutlich hilfreicher und verständlicher empfand. Hinweise auf negative Effekte im Fahrverhalten fanden sich nicht, allerdings ließ sich auch keine positive Unterstützungswirkung im Fahrverhalten nachweisen. Dies könnte jedoch durch die unkritischen Fahrsituationen bedingt sein. Im Hinblick auf positive Aspekte einer sprachlichen Bedienung von IKS wurde in einem weiteren Simulatorversuch untersucht, wie entsprechende Systeme gestaltet werden sollten, um den Fahrer möglichst wenig abzulenken. Dabei standen sowohl die kognitive Beanspruchung durch IKS-Nutzung (gering vs. hoch) wie auch die Eigenschaften der Fahrumgebung (einfach vs. komplex) im Mittelpunkt. Es zeigte sich, dass die gleichzeitige Bearbeitung zweier Aufgaben auch dann zu Interferenzen und den damit verbundenen Leistungseinbußen führt, wenn diese Aufgaben auf unterschiedliche Ressourcen (visuell-motorischen/akustisch-verbalen) zugreifen, sofern beide Aufgaben hohe Anforderungen an

die Kognition stellen. Demzufolge sind negative Auswirkungen auf die Fahrleistung maßgeblich von dem Ausmaß der kognitiven Anforderungen seitens der Fahrsituation, wie auch der Nebenaufgabe abhängig und nicht wie bisher angenommen ausschließlich durch eine visuell-manuelle Bedienung bedingt. Insgesamt betrachtet kann also eine sprachliche Informationsdarbietung durchaus hilfreich für den Fahrer sein, sofern sie einfach gestaltet ist. Eine sprachliche Interaktion als Bedienmethode von Systemen, sprachliche Informationsvermittlung oder auch das Telefonieren selbst sollte beim Fahren jedoch nicht uneingeschränkt befürwortet werden.

Abstract

According to experts, the prevailing cause of accidents is due to the increased complexity and use of In-Vehicle-Information-Systems (IVIS) in the vehicle, which distract the driver. By the same token, the use of such systems is permitted with restrictions by law (StVO, §23, 1). For example, the German Highway Code allows the acoustic-verbal operation of IVIS. However, it is still unclear when and in what way the different operational procedures distract the driver and thereby have a negative effect on his or her driving performance. The work presented in this thesis investigates the types of operational procedures as well as the potential situations that may have a negative effect on the driver's performance. Firstly, to assess the extent of interference caused by the respective IVIS and/or operational procedures a meta-analysis of empirical studies on the effect of IVIS was conducted. Wickens' Multiple Resources Theory (1980, 2008) shows that the more similar procedures are in relation to the demands of the resources, the greater they interfere with the driving. This is especially the case for spatial tasks in combination with the intake of visual information and manual response. However, additional information could be helpful for the driver and can lead to a reduction his or her response time in avoiding potential hazards. Therefore, a simulator experiment with older drivers explored whether or not verbally given information could assist the driver without distracting him or her. Comparing the spoken with the visual information the group of older drivers considered spoken information more helpful and comprehensible. There were no indications of negative impacts in driving behavior, yet positive impacts could not be proven either. However, this could be due to the non-critical driving situations. Therefore, with regard to the positive impacts of a verbally operated IVIS, another simulator study was executed to investigate how appropriate systems should be designed in order to avoid distracting the driver as much as possible. The focus was on both the cognitive demands of IVIS use (low vs. high) as well as the characteristics of the driving environment (simple vs. complex). It turned out that the simultaneous processing of two tasks also leads to interferences with their associated performance losses when these tasks require different resources (visual-motoric/acoustic-verbal) provided that both tasks place high demands on the cognition. Consequently, negative effects on driving performance are highly dependent on the extent of cognitive demands of the driving situation as well as the secondary task. This is contrary to the previous assumption that the driver's performance is only dependent on a visual-manual operation. Overall, a verbally given information can be helpful to the

driver if the operational procedure is designed as simple as possible. Using verbal commands to run an IVIS, give verbal information or even activate a mobile device should not be fully endorsed while driving.

1. Einleitung

Autofahrer stehen heutzutage nicht nur vor den Herausforderungen, die die steigende Komplexität des Straßenverkehrs mit sich bringt, sondern müssen auch mit der Fülle an Kommunikations- und Informationssystemen (IKS), die während der Autofahrt zur Verfügung stehen, zurechtzukommen. Obwohl diese Systeme meist der Entlastung des Fahrers dienen sollen, stellen sie teilweise hohe Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Fahrers. Das Bedienen der IKS kann die Fahrer so von ihrer Hauptaufgabe, dem Autofahren, ablenken.

Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag dazu leisten, besser zu verstehen, welche Arten von potenziell ablenkenden Nebenaufgaben sich im Sinne einer Beeinträchtigung besonders stark auf die Fahrleistung auswirken. Realisiert wurde dies zunächst mittels einer Meta-Analyse veröffentlichter empirischer Untersuchungen zur Wirkung von IKS.

Gleichzeitig können zusätzliche Informationen im Fahrzeug aber auch sinnvoll und hilfreich sein. So können zusätzliche Informationen zur Fahrumgebung dem Fahrer behilflich sein, die Fahrsituation zu verstehen, die Anforderungen seitens der Situation zu verringern und den Fahrer somit zu entlasten, ohne ihn dabei abzulenken. Untersucht wurde dies in der vorliegenden Arbeit mithilfe einer Gegenüberstellung eines sprachlichen und eines visuellen Informationssystems in einer Simulatorstudie an Senioren.

Vor diesem Hintergrund geht es weiterhin darum, zu verstehen, wie man Informationsdarbietungen so gestalten kann, dass sie möglichst wenig ablenken. Dies wurde in einem weiteren Simulatorversuch untersucht, wobei die kognitive Beanspruchung durch die IKS-Nutzung im Mittelpunkt der Untersuchung standen, sowie ihre Auswirkungen in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Fahrumgebung. Ein zentrales psychologisches Modell, welches hier die theoretische Grundlange bildet, ist die Theorie Multipler Ressourcen nach Wickens (1980, 2008), die im Folgenden dargestellt wird.

Abbildung 1 stellt diese Theorie grafisch dar. Wickens (1980, 2008) geht davon aus, dass es für verschiedene Prozesse der Informationsverarbeitung und Handlung unterschiedliche Ressourcen gibt und führt die Varianz in der Performanz bei der Bearbeitung von Doppelaufgaben auf vier Dimensionen zurück. Diese Dimensionen sind die Verarbeitungsstadien, Wahrnehmungsmodalitäten, visuelle Kanäle und die Verarbeitungskodes. Als erste Dimension stehen dabei die drei Verarbeitungsstadien als drei Stufen der Informations-

verarbeitung. Dabei kommt zunächst die sensorische/perzeptuelle Aufnahme von Informationen (Wahrnehmung). Der nächste Schritt ist die kognitive Verarbeitung, welche zum dritten und letzten Verarbeitungsschritt der Reaktion führt. Hierbei stehen Wahrnehmung und Verarbeitung der Reaktion gegenüber. Während die für die Wahrnehmung und Verarbeitung eingesetzten Ressourcen ähnlich zu sein scheinen, wie im Falle des Arbeitsgedächtnisses, unterscheidet sich die Ressource, die für Auswahl und Ausführung von Reaktionen zuständig ist, funktional von ihnen. Weiter wird bei den Reaktionen nach motorisch-räumlichen und vokal-verbalen unterschieden, was wiederum unabhängige Ressourcen darstellt.

Die beiden wesentlichen unabhängigen Modalitäten des Modells sind der auditive und visuelle Kanal und bilden die zweite Dimension des Modells. In diesen beiden Kanälen können räumliche oder verbale Informationen (Kodierung) vermittelt werden. Die Trennung der visuellen und auditiven Modalität gilt laut Wickens (1980, 2008) nur für die Phase der Wahrnehmung. In dem Verarbeitungsstadium der Kognition und der Reaktion fließen die beiden Modalitäten zu einer Ressource zusammen. Hier findet dann die Weiterverarbeitung der Informationen modalitätsunabhängig statt.

Eine weitere Dimension bilden die visuellen Kanäle. Hierbei gliedert sich die visuelle Verarbeitung in zwei unabhängige Ressourcen, das fokale und das ambiente Sehen, welches für das gesamte wahrgenommene Gesichtsfeld verantwortlich ist. Das fokale (zentrale) Sehen erfolgt über die sogenannte Fovea centralis, den Teil der Retina, der den Punkt des schärfsten Sehens bildet und ein detailliertes Erkennen von Objekten und Mustern ermöglicht. Während die foveale Wahrnehmung nur 2° des Gesichtsfeldes abdeckt, ist die ambiente Wahrnehmung für das restliche Gesichtsfeld, die Peripherie, verantwortlich. Das periphere Sehen ermöglicht die Orientierung, sowie auch die Wahrnehmung von Richtung und Geschwindigkeit der eigenen Bewegung (Ego-Motion).

In der letzten Dimension, der Kodierung unterscheidet Wickens zwischen räumlichen und verbalen/symbolischen Verarbeitungsprozessen. Die Verarbeitung dieser Prozesse wird bei der Wahrnehmung und der Kognition auf der einen Seite und bei der Reaktion auf der anderen Seite verschiedenen Ressourcen zugeordnet und auf die Trennung der beiden Großhirnhemisphären zurückgeführt. Ergebnisse vorheriger Studien untermauern diese Annahme (Wickens 1980). In der Kombination dieser Kodierung und Modalitäten ergeben sich folglich vier unabhängige Ressourcen.

Zwei gleichzeitig durchgeführte Aufgaben beeinträchtigen sich nach Wickens (1980, 2008) umso mehr, je stärker sie die gleichen spezifischen Ressourcen nutzen. Im Umkehrschluss können zwei Aufgaben umso besser parallel bearbeitet werden, je weniger sie auf die gleichen Ressourcen angewiesen sind. Hier spricht Wickens (1980, 2008) von zwei Formen der geteilten Aufmerksamkeit bzw. Timesharing. So wird eine Doppelaufgabe, die ausschließlich auf einen der beiden Kanäle zugreift (intra-modales Timesharing) schlechter gelöst, als eine, die gleichzeitig beide Kanäle nutzt (cross-modales Timesharing). Greift bei einer Doppelaufgabe die erste Aufgabe (z.B. das Autofahren) im Wesentlichen auf räumliche Informationen zurück, die visuell wahrgenommen werden und die Reaktion motorisch erfolgt, kann eine zweite Aufgabe (z.B. Reden mit dem Beifahrer), bei der verbale Informationen auditiv wahrgenommen sowie verarbeitet werden und verbal reagiert wird sehr gut gleichzeitig durchgeführt werden. Nutzt die zweite Aufgabe hingegen ebenfalls den visuellen Kanal, um räumliche Informationen zu verarbeiten und erfolgt die Reaktion wiederum motorisch-räumlich (z.B. Auswahl einer App auf dem Smartphone), so nutzt diese zweite Aufgabe dieselben Ressourcen wie das Fahren und kann bei entsprechenden Anforderungen zu Interferenzen führen.

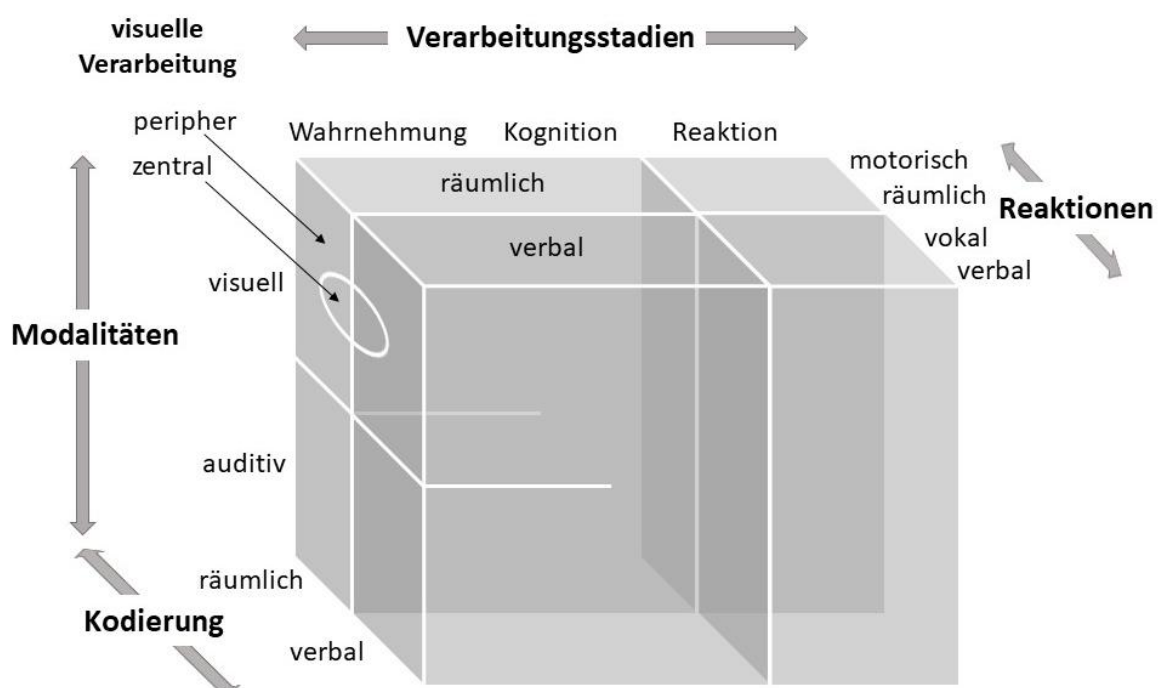


Abbildung 1: Darstellung des Modells Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

In Abbildung 2 ist die Ressourcennutzung beim Autofahren anhand des Modells nach Wickens (1980, 2008) vereinfacht dargestellt. Dabei werden vorrangig die visuell-räumlichen Ressourcen der Wahrnehmung und Kognition sowie die motorisch-räumlichen Reaktionen beim Autofahren beansprucht. Bestimmte Aspekte der Fahraufgabe wie z.B. die Verarbeitung von Verkehrszeichen würde nach dem Modell von Wickens (1980, 2008) jedoch visuell-verbale Ressourcen benötigen (z.B. Lesen von Ortsnamen). Dies sind allerdings nur sehr punktuelle Anforderungen im visuell-verbalen Teil der kognitiven Ressource. Da die Verarbeitung dieser hochautomatisiert abläuft, ist die Beanspruchung durch die Straßenschilder jedoch zu vernachlässigen und wird im dargestellten Modell nicht weiter berücksichtigt.

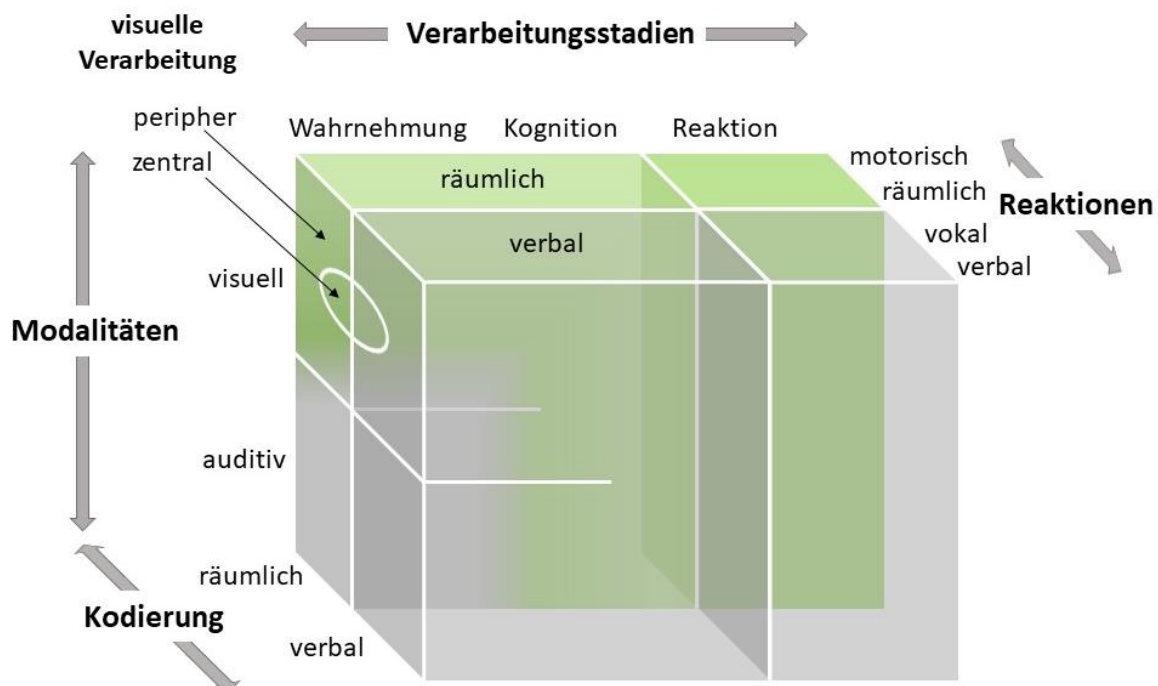


Abbildung 2: Dargestellt sind die beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

Mit Hilfe dieser Einteilung ermöglicht das Modell Vorhersagen darüber zu treffen, inwiefern Aufgaben miteinander interferieren. Auf dieser theoretischen Basis lässt sich also erwarten, dass negative Wirkungen von Nebentätigkeiten beim Fahren sowohl von der Art der Fahraufgabe als auch von der Art der Nebentätigkeit abhängen. Ausgehend von diesem Modell werden im Folgenden die Fragestellungen der Arbeit dargestellt und begründet.

Wickens (1980, 2008) entwickelte sein Modell auf Basis einer Meta-Analyse experimenteller Studien zu Doppeltätigkeiten, bei welchen unterschiedliche Arten von Aufgaben miteinander kombiniert wurden. Wie oben dargestellt, erfordert die Fahraufgabe im Wesentlichen Ressourcen für die visuelle Wahrnehmung, die kognitive Verarbeitung räumlicher Informationen sowie Ressourcen für motorische Reaktionen. Es stellt sich also die Frage, welche Ressourcen typische Nebentätigkeiten beim Autofahren beanspruchen und inwieweit sich bei diesen Nebentätigkeiten die nach dem Modell zu erwartenden Interferenzen zeigen bzw. welche dieser Nebentätigkeiten beim Fahren auch gut durchzuführen sind.

Um diese Fragestellung zu untersuchen, wurde eine Meta-Analyse experimenteller Studien zu Nebentätigkeiten beim Fahren durchgeführt, wobei entsprechend aktueller Entwicklungen der Schwerpunkt auf Nebentätigkeiten mit Nutzung von Informations- und Kommunikationsgeräten gesetzt wurde. Die entsprechenden Ergebnisse werden im ersten Teil der Arbeit dargestellt und stellen damit den theoretischen Teil der Arbeit dar. Darüber hinaus gilt es die Gültigkeit des Modells Multipler Ressourcen von Wickens (1980, 2008) zu prüfen.

Basierend darauf sollen die beiden empirischen Teile der Arbeit dazu beitragen, Informationspräsentationen bzw. Interaktionen beim Fahren so zu gestalten, dass minimale Interferenzen auftreten sollten. Dies ist vor allem dann relevant, wenn Informationen vermittelt werden sollen, die für den Fahrer bei seiner Fahraufgabe hilfreich sein könnten. Entsprechend wurden Situationen gewählt, bei denen Fahrern zusätzliche Informationen geliefert wurden, die eine sichere und unkritische Bewältigung der Fahrsituation ermöglichen sollten. Hierzu wurde eine Stichprobe von Senioren gewählt, bei der sich Interferenzen besonders deutlich zeigen sollten, da die Ressourcen aufgrund ihrer Personeneigenschaften begrenzt sind (Anstey, Wood, Lord & Walker, 2005; Kostyniuk & Shope, 2003). Neben dieser erhöhten Sensitivität für Interferenzen ist diese Stichprobe auch unter angewandten Aspekten interessant, da sie im städtischen Bereich, wo entsprechende Informationen geliefert werden könnten, ein erhöhtes Unfallrisiko und damit einen erhöhten Unterstützungsbedarf aufweisen (McGwin & Brown, 1999; Evans, 2004). Entsprechend wurden in der Fahrsimulatorstudie bei Senioren in anspruchsvollen Fahrsituationen untersucht, inwieweit sprachliche Informationen hilfreich und wenig interferierend wirken.

Obwohl sich hier sehr positive Effekte zeigten, die im Einklang mit dem Modell von Wickens (1980, 2008) stehen, liegen gleichzeitig auch Befunde vor, die auf Interferenzen

hinweisen, obwohl die dort untersuchten Tätigkeiten andere Ressourcen nutzen als das Fahren. Ausgelöst wurde die entsprechende Forschung durch eine Fall-Kontroll-Studie von Redelmeier & Tibshirani (1997), die ein deutlich erhöhtes Unfallrisiko beim Telefonieren während des Fahrens aufzeigten. Obwohl diese Studie inzwischen methodisch stark kritisiert wird, bleibt die Frage, ob nicht auch akustisch-sprachliche Informationen zu Interferenzen mit der Fahraufgabe führen können. Dies könnte auch konform zum Modell von Wickens (1980, 2008) dann der Fall sein, wenn es nicht mehr um die Wahrnehmung, sondern die Kognition, also modalitätsunspezifische Weiterverarbeitung der Informationen geht. Zu Interferenzen müsste es vor allem dann führen, wenn auch bei der Fahraufgabe kognitiv beanspruchende Aufgaben zu lösen sind. Entsprechend wurde in der zweiten Fahr-simulatorstudie die Art der Beanspruchung durch die Fahraufgabe einerseits, die Art der Informationsverarbeitung in den Nebenaufgaben andererseits variiert, um hier Hinweise zu erhalten, welche Art von Informationsverarbeitung beim Fahren störend wirken kann.

Insgesamt liefert diese Arbeit einen Beitrag zur Konkretisierung des Modells Multipler Ressourcen (Wickens, 1980, 2008) im Bereich des Fahrens im Hinblick auf die Auswirkungen sprachlich-akustischer Informationen auf die Fahrleistung. Potenziale und Grenzen sprachlich-akustischer Informationen zur Unterstützung des Fahrers bei Vermeidung von Ablenkung werden bestimmt.

2. Meta-Analyse

2.1. Einleitung

Untersuchungen zeigen, dass sowohl die Ausstattung moderner Autos mit, wie auch die Nutzungshäufigkeit von Informations- und Kommunikationssystemen steigt (Vollrath, Huemer, Nowak & Pion (2015). Dabei stehen dem Fahrer althergebrachte Systeme wie das Radio, über neuere IKS wie Klimaanlage, Telefon und Mp3-Player, bis hin zu den MMI-Systemen, während der Fahrt zur Verfügung. Während das Radio, die Klimaanlage und Mp3-Player „funktionstechnisch“ recht überschaubar gestaltet sind, bietet das Telefon derzeit eine Vielzahl an möglichen Funktionen. So wird das Telefon längst nicht mehr nur zum Telefonieren genutzt, sondern auch immer häufiger zum Schreiben von Kurznachrichten sowie zur Nutzung des Internets über die heute gebräuchlichen Apps (Application software) verwendet. Mit Hilfe des Mensch-Maschine-Interface (MMI) oder Bordcomputers verschmelzen diese und weitere Funktionen zu einem IKS. Durch diese Entwicklung ist und bleibt die ablenkende Wirkung dieser Systeme von großer Bedeutung für die Verkehrssicherheit.

Die Analyse von Befragungs- und Beobachtungsstudien von Huemer und Vollrath (2012) ergibt unter Berücksichtigung von Nutzungshäufigkeit und Nutzungsdauer das folgende Ranking der IKS: Telefonnutzung, wobei das Telefonieren die häufigste Ablenkungsart darstellt, die Bedienung des Telefons an zweiter Stelle nachfolgt. Mit abnehmender Häufigkeit folgen das Schreiben von SMS, die Bedienung der Klimaanlage, die Bedienung von Audiogeräten (inkl. Radio) und als letztes das Bedienen des Navigationssystems. Bereits 2016 konnte in einer weiteren Beobachtungsstudie gezeigt werden, dass deutsche Autofahrer das Handy während der Fahrt nunmehr deutlich häufiger für Bedienaufgaben als für das Telefonieren nutzen (Vollrath, Huemer, Teller, Likhacheva & Fricke, 2016).

Unfallrisikostudien sind in Deutschland zur Einschätzung des Unfallrisikos durch Ablenkung methodisch problematisch, da in der offiziellen Unfallstatistik Straßenverkehrsunfälle aufgrund von Fahrerablenkung (z.B. durch Handynutzung) nicht ermittelt werden. Auch die Zahl der polizeilich erfassten Unfälle mit IKS-Nutzung der Unfallfahrer ist sehr gering. Dies hat zwei Ursachen. Zum einen wird die Polizei nicht zu jedem Unfall hinzugezogen, z.B. wenn es sich nur um geringen Sachschaden handelt und sich die Parteien schnell einigen können. Werden die Unfälle jedoch durch die Polizei aufgenommen, ist sie auf die Berichte

der Fahrer angewiesen. Sollte sich der Fahrer dabei nach § 23 Absatz 1a StVO (2013) strafbar machen, würde dies eine Geldstrafe bis hin zu Fahrverbot, sowie einen Eintrag ins Fahrzeugsregister in Flensburg nach sich ziehen. Aus Angst vor negativen Konsequenzen geben deshalb viele Fahrer den tatsächlichen Unfallgrund nicht wahrheitsgetreu an. Folglich stehen zur Schätzung des Unfallrisikos durch Unfallrisikostudien in Deutschland nicht die benötigten Daten zur Verfügung.

Eine weitere Methode zur Einschätzung des Unfallrisikos sind Naturalistic Driving Studies (Carsten et al. 2017; Dingus, Guo, Lee, Antin, Perez, Buchanan-King & Hankey, 2016; Campbell, 2012). Diese Studien haben den Vorteil, dass die Fahrer ihr natürliches Fahrverhalten zeigen, welches nicht durch Instruktionen, sondern durch eigene Motivation bestimmt wird. Der Fahrer bedient das IKS erst dann, wenn er es will und nicht wie üblicherweise im Experiment, wenn er dazu aufgefordert wird. Die so erhobenen Daten sind somit realitätsnäher und besitzen eine hohe externe Validität. Die Nachteile der Naturalistic Driving Studies sind jedoch zum einen die wenigen erfassten Unfälle, die nicht-standardisierten Verfahren zwischen den unterschiedlichen Studien, sowie die fehlenden experimentellen Bedingungen, die keine kausalen Schlüsse zulassen. Zudem handelt es sich um kostenintensive Verfahren, bei deren Planung häufig auch die Interessen der Geldgeber Berücksichtigung finden müssen und so nicht zwingend repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung sind.

Daher scheint die Beurteilung der Ablenkungswirkung im Experiment eine gute Methode zu sein, um mit Hilfe von Beobachtungs- und Befragungsstudien eine Einschätzung des Unfallrisikos vorzunehmen. Zwar sind unzählige Studien zur Ablenkungswirkung von IKS bereits vorhanden, die Abschätzung des Ablenkungspotenzials fehlt jedoch bisher. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, mit Hilfe von bereits vorhandener Forschung mittels Meta-Analyse, die Auswirkungen der Bedienung von IKS auf die Fahrperformanz zu bestimmen.

Allerdings beschreibt eine Meta-Analyse nur, welche Ablenkung wie stark wirkt. Unklar bleibt dennoch, inwieweit sich die Befunde in ein Unfallrisiko übertragen lassen. Hierbei kann ein Vergleich mit den Auswirkungen von Alkohol beim Fahren hilfreich sein, da hier sowohl das Unfallrisiko in Abhängigkeit der Blutalkoholkonzentration (BAK) (Borkenstein, Crowther, Shumate, & Zylman, 1974; Krüger, Kazenwadel & Vollrath, 1995) als auch die Beeinträchtigung in Experimenten bekannt ist. Zur Bewertung der Größe der

gefundenen Effekte bietet sich somit zusätzlich ein Vergleich mit der Meta-Analyse zur Alkoholwirkung von Schnabel (2011) an.

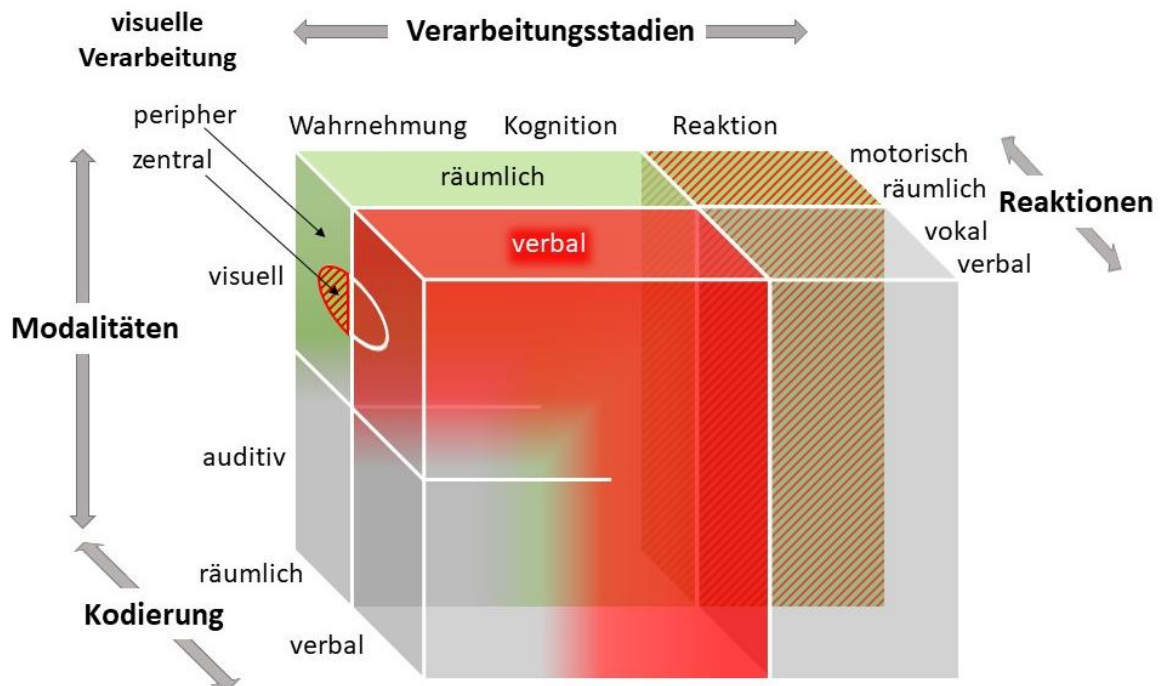


Abbildung 3: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und SMS schreiben als Nebenaufgabe (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

Der Theorie Multipler Ressourcen (Wickens, 1980; 2008) folgend, wird die Fahrleistung des Autofahrers beeinträchtigt, wenn es zu Interferenzen aufgrund der Teilung benötigter Ressourcen zwischen dem Autofahren und der Bedienung der Nebenaufgabe kommt. Diese Beeinträchtigung steigt in Abhängigkeit von der Anzahl der geteilten Ressourcen während dieser Doppelaufgabenperformanz. In Abbildung 3 werden die für die Beeinträchtigung verantwortlichen Interferenzen am Beispiel des Schreibens von SMS dargestellt. Der Theorie Multipler Ressourcen (Wickens, 1980; 2008) zu Folge entstehen dabei zunächst Interferenzen in dem Stadium der Informationsaufnahme. Da sowohl das Fahrgeschehen, wie auch die Displayanzeige räumlich-visuell erfasst werden müssen, sind Blickabwendungen vom Fahrgeschehen hin zum Handydisplay notwendig. Dadurch kommt es zur Ressourcenteilung der zentral-visuellen Verarbeitung. Im zweiten Verarbeitungsstadium (Kognition) hingegen beanspruchen die beiden Aufgaben wiederum unterschiedliche Ressourcen, wobei das Fahrgeschehen räumlich-kognitiv und das Schreiben der SMS sprachlich-kognitiv verarbeitet werden. Zur erneuten Wechselwirkung zwischen den beiden

Aufgaben kommt es im letzten Verarbeitungsstadium, der Reaktion. Sowohl die Stabilisierung des Fahrzeugs wie auch das Tippen der Textnachricht bedient sich der räumlich-motorischen Ressource. Folglich sollten IKS mit ähnlichen Anforderungen an die im Modell definierten Ressourcen auch zu ähnlich starken Beeinträchtigungen führen. Erwartet wird daher, dass visuell-manuelle Bedienaufgaben im Vergleich zu auditiv-verbalen Bedienaufgaben zu stärkeren Beeinträchtigungen führen. Unter Berücksichtigung der Kapazitätsgrenzen der Ressourcen sollte zudem die Beeinträchtigung, sowohl mit steigender Komplexität wie auch mit einer wachsenden Bearbeitungsdauer der Bedienaufgaben, ansteigen.

Um diese Überlegungen zu prüfen und gleichzeitig die Ablenkungswirkung unterschiedlicher IKS abzuschätzen, wurde eine Meta-Analyse durchgeführt. Im folgenden Abschnitt wird die Methode dargestellt.

2.2. Methode

Im ersten Arbeitsschritt wurden zunächst für die Analyse relevante Veröffentlichungen zusammengetragen. Als Ausgangspunkt diente eine bereits vorhandene Datenbank mit insgesamt 212 Veröffentlichungen seit 2002, welche sich nicht nur auf IKS beschränkte, sondern auch andere Ablenkungsarten enthielt. Ergänzt wurde die Sammlung durch die im Rahmen des GDV-Projektes „Ablenkung durch Informations- und Kommunikationssysteme“ (GDV-Forschungsbericht 2014) durchgeführte Literaturrecherche für den Zeitraum 2011 bis 2012. Hiervon flossen weitere 215 Veröffentlichungen mit in die Analyse hinein. Durch eine ergänzende Literaturrecherche für den Zeitraum 2012 bis 2016 wurde der Datenpool um weitere 95 Studien erweitert. Beide Recherchen wurden mit Hilfe von Google Scholar und Scopus durchgeführt und bedienten sich dabei folgender Schlüsselwörter: „driver distraktion“, „Fahrerablenkung“, „IKS“, „cell phone“, „Telefonieren“, „SMS“, „navigation system“, „text messaging“ und „texting.“

Die so entstandene Datenbank mit insgesamt 522 Studien wurde anschließend nach „echten“ IKS untersucht. So entfielen alle Studien mit fahrfremden Tätigkeiten, welche entweder nicht das Bedienen von Geräten, wie z.B. Essen, Rauchen und Beifahrer oder aber künstlich Aufgaben (Zähl- oder Suchaufgaben) beinhalteten. Übrig blieben so 156 Studien, die in einem weiteren Ausschlussverfahren anhand folgender Kriterien aus der Untersuchung ausgeschlossen wurden (vgl. Abbildung 4). Bei zehn der Studien handelte es sich

nicht um ein Experiment, zwei weitere Studien untersuchten nicht die Ablenkungswirkung, wiederum fünf berichteten keine IKS-Ergebnisse. Ausgeschlossen wurden weiterhin 26 Studien, da weder Fahr- noch Blickparameter berichtet wurden. Weitere 46 Studien hatten keine Kontrollbedingung anhand derer der Einfluss der IKS zu bewerten wäre. Im letzten Schritt wurden Studien entnommen, die keine statistischen Einzelvergleiche zur Baseline berichteten und somit weder Rückschlüsse auf die Wirkung der durchgeführten Aufgabe ermöglichten, noch die Bestimmung der Effektrichtung erlaubten. Somit flossen letztlich 50 Studien in die Analyse.

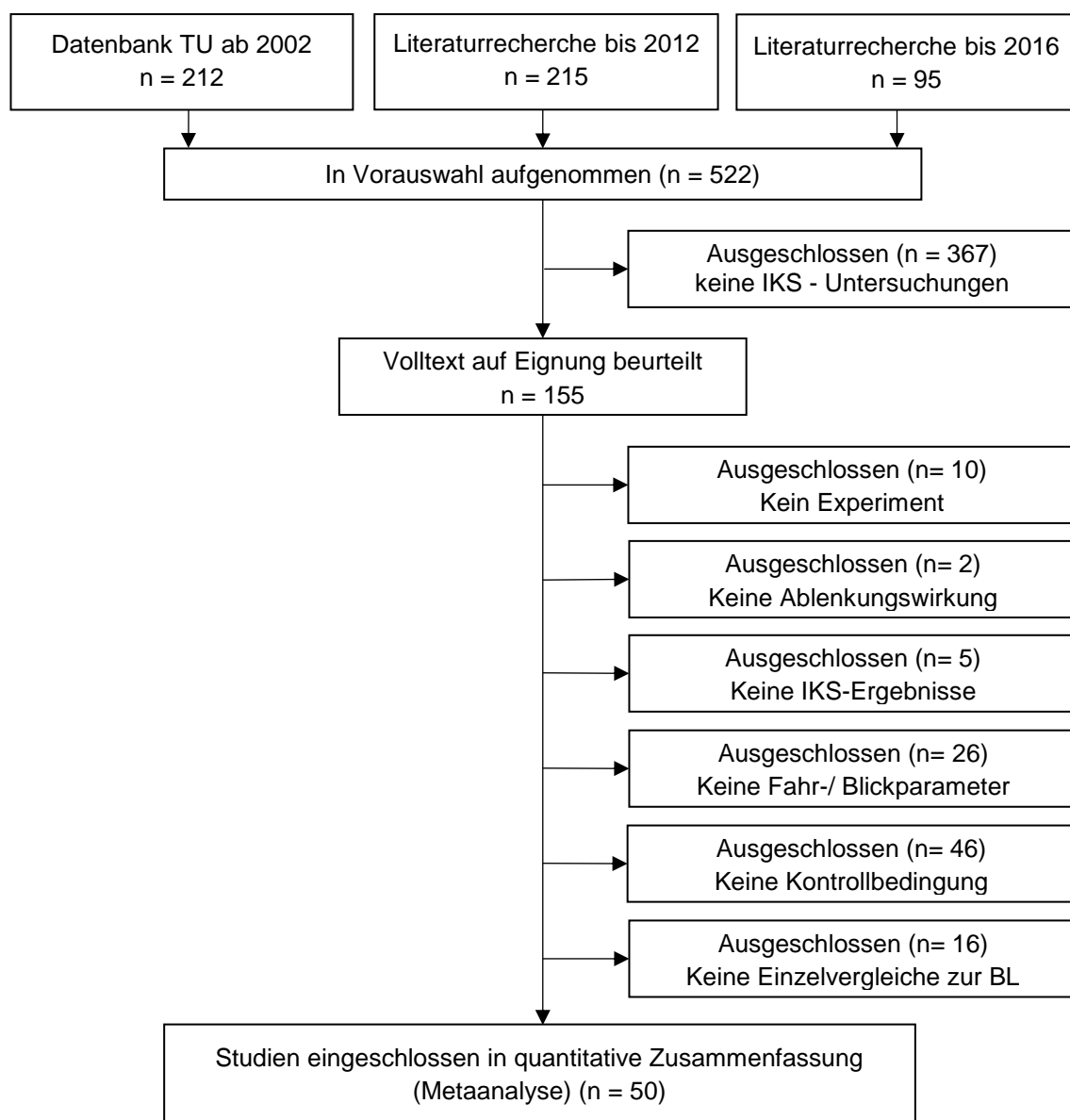


Abbildung 4: Grafische Darstellung des Selektionsverfahrens der Veröffentlichungen für die Meta-Analyse.

Im nächsten Schritt wurde für jede der 50 Studien die für die Auswertung relevanten Informationen zusammengetragen. Zur Beschreibung der Stichprobe wurden die Anzahl der Probanden, demografische Daten, so wie die Fahrerfahrung und eventuelle Erfahrung mit IKS erfasst. Des Weiteren wurden das Versuchsdesign, wie auch die Angaben zu den verwendeten IKS und den damit durchgeführten Aufgaben erfasst. Ergänzend wurden die Angaben zur Testumgebung zusammengetragen. Dazu gehörten neben der Versuchssituation (Simulatorenart, Realfahrt) detaillierte Angaben zur Simulation selbst. Erfasst wurden dabei Straßentyp (Autobahn, Landstraße, Stadtstraße), Verkehrsaufkommen, Tempolimits, sowie Besonderheiten wie Baustellen, Tunnel, besondere Kurven und kritische Momente (kreuzende Radfahrer, Fußgänger, Bremsmanöver). Weiterhin wurden auch Trainingsfahrten, sowie Trainings für das jeweilige IKS festgehalten. Zuletzt wurden alle Parameter zur Fahrperformanz zusammengetragen. Einbezogen wurden dabei alle die Fahrleistung charakterisierenden abhängigen Variablen (Fahrzeuglängs- und Querverführung, Blickparameter, Reaktionszeiten, Fehler und Kollisionen) und die dazugehörigen statistischen Angaben mit den jeweiligen Ergebnissen. Dies beinhaltete die Erfassung der verwendeten Tests, wie auch der Kennwerte bis hin zu den ermittelten Messwerten. Anschließend wurden alle untersuchten IKS zunächst zu fünf IKS-Klassen zusammengefasst. Telefon, MMI-Systeme (z.B. Bordcomputer), Navigationsgeräte, Radio und MP3-Player bildeten zunächst je eine eigene Klasse. Das Telefon mit seinen vielfältigen Funktionen stellte hierbei die umfangreichste und verschiedenartigste Klasse dar und erforderte eine weitere differenziertere Unterteilung in Abhängigkeit von der durchgeführten Aufgabe. Ausgehend vom Aufgabentyp, wurde das IKS Telefon in Telefonieren, SMS lesen & schreiben, sowie in sonstige Bedienfunktionen unterteilt. Da sich die Bedienfunktionen hinsichtlich ihrer Komplexität und der erforderlichen Ressourcen stark unterschieden, wurden sie einer weiteren Unterteilung in simple und komplexe Bedienaufgaben unterzogen. Im Gegensatz dazu wurden die IKS Radio und MP3-Player, aufgrund der Ähnlichkeit der durchgeführten Aufgaben, fallweise zur IKS-Klasse Musik zusammengefasst.

Um die Ablenkungswirkung durch die IKS aus der Vielzahl an Befunden zu ermitteln, ohne die Fülle an Parametern, Versuchsumgebungen und Personengruppen zu berücksichtigen, wurde anstelle einer quantitativen Meta-Analyse, bei welcher die Daten gepoolt oder die Ergebnisse der vorliegenden Signifikanztests gemittelt werden, eine Auswertung in Form eines Vote-Countings durchgeführt. Dabei wurde die Ablenkungswirkung der IKS über die ermittelte Effektrichtung im Vergleich zur Baseline-Messung gemessen. Als negative

Wirkung der IKS wird dabei das Verschlechtern der Fahrperformanz gewertet. Dazu zählen z. B. ein größerer Lenkradwinkel, eine stärkere Abweichung von der Idealspur oder Kollisionen. Als positive Wirkung hingegen wird ein Verbessern der Fahrperformanz, wie eine geringe Geschwindigkeit oder ein größerer Abstand zum Vordermann gewertet. Als Beeinträchtigung gilt dabei der prozentuale Anteil der signifikant schlechteren Fahrleistung unter dem Einfluss der IKS.

Für den abschließenden Vergleich der Wirkung von IKS mit der Wirkung von Alkohol auf die Fahrperformanz, wurden die Effekte der einzelnen IKS-Aufgaben mit den Effekten der BAK-Werte aus der Arbeit von Schnabel (2011) verglichen. Dabei wurde der jeweilige Prozentsatz der Beeinträchtigung eines IKS mit der prozentualen Beeinträchtigung durch Alkohol gleichgesetzt und so einem bestimmten Promillewert zugeordnet.

2.3. Ergebnisse

2.3.1. Überblick Studienmethodik

Insgesamt wurden bei den 50 Studien acht verschiedene Versuchsumgebungen verwendet, bei sechs davon handelte es sich um unterschiedliche Ausführungen von Simulatoren. Hierbei stellte die Lane Change Task (LCT; Mattes, 2003) die simpelste, der dynamische Fahr Simulator die höchstentwickelte Form der Simulation dar. Dabei wurde in etwa die Hälfte der Untersuchungen in vergleichsweise einfachen Simulatoren durchgeführt. Dagegen wurden zehn der Studien mit Hilfe von Realfahrten umgesetzt, jeweils fünf auf einem Testgelände bzw. auf freier Strecke. Tabelle 1 stellt die Vielzahl der in den Untersuchungen verwendeten Versuchsumgebungen dar.

Zur Beschreibung der Fahrperformanz wurden in den Studien Ergebnisse von über 150 Variablen berichtet. Da nur die Variablen Berücksichtigung finden, für die auch Einzelvergleiche zur Baseline vorlagen, wurden insgesamt 117 verschiedene Parameter bei der Auswertung einbezogen. Wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, handelte es sich bei dem Großteil der berichteten Variablen um Parameter der Längsführung. Dazu zählen unter anderem Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abstand zum Vordermann, Bremsdauer oder TTC (time to collision).

Tabelle 1: Auflistung der Versuchssituation der verwendeten Studien aufsteigend geordnet nach Realitätsgrad.

| Versuchsumgebung | Anzahl Studien |
|---------------------------|----------------|
| Lane Change Task | 3 |
| Simulator Sitzkiste | 10 |
| Simulator 180° Sicht | 6 |
| Simulator Fahrzeugähnlich | 6 |
| Simulator mit Fahrzeug | 9 |
| Simulator dynamisch | 6 |
| Testgelände | 5 |
| freie Strecke | 5 |
| Summe | 50 |

Tabelle 2: Anzahl der Variablen, sowie Anzahl der Befunde pro Variablenkategorie.

| Variablenarten | Anzahl Variablen | Anzahl Befunde |
|----------------|------------------|----------------|
| Längsführung | 53 | 298 |
| Querführung | 33 | 235 |
| Blicke | 9 | 37 |
| Fehler | 10 | 27 |
| Reaktionszeit | 8 | 58 |
| Kollisionen | 4 | 8 |
| Summe | 117 | 663 |

Die zweithäufigste Kategorie waren Parameter der Querführung. Hierzu gehörten Variablen wie laterale Beschleunigung, laterale Abweichung von der Spurmitte, Lenkradwinkel oder Anzahl der Spurexkursionen. Als Fehler wurden Parameter klassifiziert, die Fehlverhalten des Probanden z.B. falsche Spurwechsel beim LCT, Navigationsfehler und verpasste Verkehrsschilder erfassten. Die Blickparameter betrachteten hauptsächlich die Anzahl und die Dauer der Blicke hin zur Nebenaufgabe. Parameter wie Bremsreaktionszeit, Zeit bis zum Anfahren nach der Rotphase, Reaktionszeiten auf Radfahrer, Ampel oder Schilder wurden der Kategorie „Reaktionszeit“ zugeordnet. Auffällig ist, dass Fehler, Blickparameter, Reaktionszeiten und Kollisionen im Vergleich zu den Parametern der Quer- und

Längsführung deutlich seltener erhoben wurden. Allerdings ist hier die Anzahl durch die vielen Variationen eines Parameters begründet. So wird z.B. der Abstand zum Vordermann auf 13 unterschiedliche Arten erhoben.

Insgesamt führten die 117 Variablen zu 663 verwertbaren Befunden. Dabei fallen 45 %, also 298 Befunde auf Parameter der Längsführung, weitere 35 % auf die Parameter der Querführung. Die übrigen vier Variablenkategorien machen lediglich 20 % der Gesamtzahl der Befunde aus.

Die Verteilung der 117 Variablen auf die Studien ist der Abbildung 5 zu entnehmen. Zu beachten ist hierbei, dass einige Variablen auch mehrfach erfasst werden konnten. So konnte eine Variable in unterschiedlichen Studien, bei mehreren IKS innerhalb einer Studie oder aber bei einem IKS unter verschiedenen Bedingungen und/oder Streckenabschnitten erhoben werden. Im Mittel wurden zwei abhängige Variablen pro Untersuchung berichtet (Median = 4). Fünf Studien berichteten lediglich jeweils nur eine Variable, während in einer Studie die Ergebnisse von insgesamt 18 Variablen angegeben wurden.

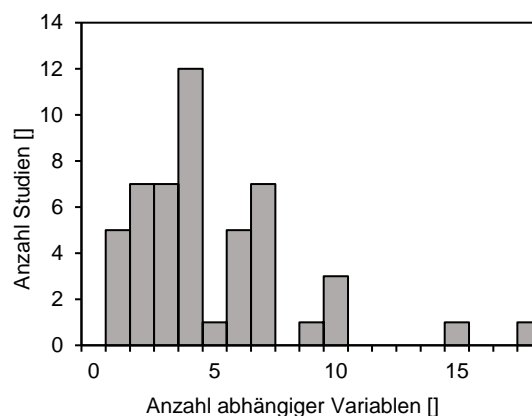


Abbildung 5: Mittlere Anzahl untersuchter Variablen pro Studie.

Ähnlich ungleichmäßig wie die Verteilung der Variablen pro Studie, ist auch die Verteilung der Befunde pro Studie. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, berichten zwei der Studien lediglich nur einen, eine andere Studie 65 Befunde. Die Anzahl der berichteten Befunde hängt jedoch nicht zwingend mit der Anzahl der Variablen zusammen. So fließen aus einer Studie mit zehn Variablen 57 Befunde in die Analyse, bei einer anderen sind es 24 Befunde aus 14 Variablen. Im Mittel sind es 13 Befunde pro Studie, der Median liegt bei fünf Befunden pro Studie.

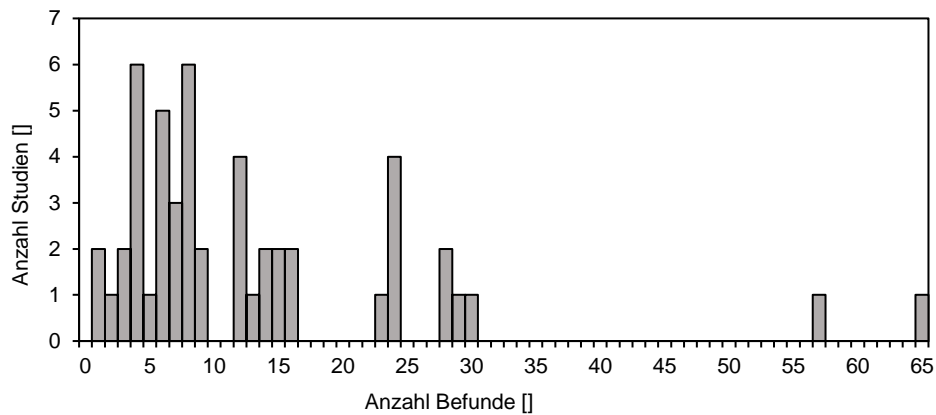


Abbildung 6: Mittlere Anzahl berichteter Befunde pro Studie.

Betrachtet man die Variablenkategorien genauer, wird deutlich, dass die Häufigkeit der Parameter innerhalb dieser Kategorie eine große Spannweite besitzt. So decken bei der Längsführung vier der Variablen 56 % der Befunde ab, die restlichen 44 % verteilen sich auf die übrigen 48 Variablen der Längsführung (Abbildung 7). Die mittlere Geschwindigkeit (V_MW) ist dabei der häufigste Parameter der Längsführung, der 12 % der Gesamtbefunde (N = 663) ausmacht und in 23 Studien erhoben wurde (N = 50).

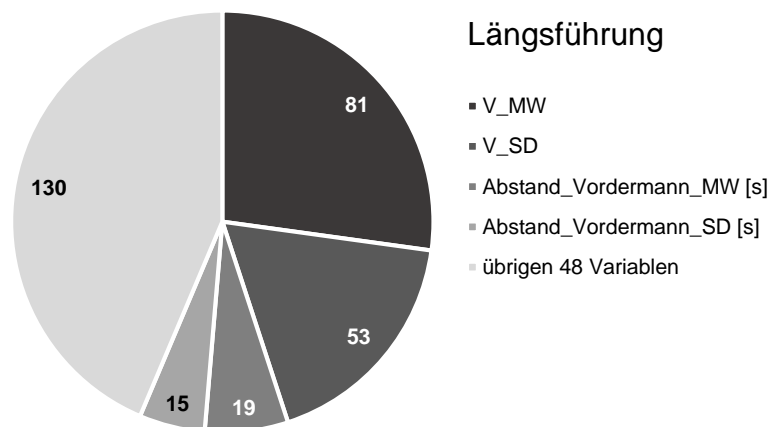


Abbildung 7: Dargestellt sind die vier häufigsten Parameter der Längsführung im Vergleich zu den übrigen Befunden (N=298).

Bei der Querführung ist diese Aufteilung vergleichbar (Abbildung 8). Hier resultiert die Mehrheit (58 %) der Befunde aus drei Variablen, während die restlichen 30 Variablen die übrigen 42 % der Befunde ausmachen. Hierbei ist die Standardabweichung der lateralen Position (SDLP) bei 16 der 50 Studien mit einem Anteil von rund 10 % an der Gesamtbefundanzahl (N = 663) die am häufigsten erhobene Variable.

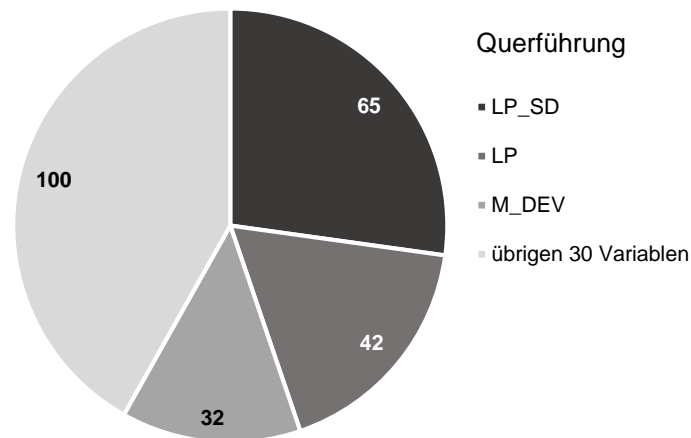


Abbildung 8: Dargestellt sind die drei häufigsten Parameter der Querführung im Vergleich zu den übrigen Befunden ($N = 235$).

In Tabelle 3 sind die zu Klassen zusammengefassten IKS mit ihren Unterkategorien bzw. Aufgaben aufgeführt. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Studien sowie der Befunde. Dabei richtet sich die Anzahl der Studien nach der Anzahl der untersuchten IKS und deren Bedienungsaufgaben. Da in fünf der Studien mehr als ein IKS, in sieben mehr als eine Aufgabe pro IKS untersucht wurden, ergibt sich in der Tabelle eine Gesamtstudienanzahl von 70 anstatt 50 Studien. Das IKS mit den meisten Studien und auch den meisten Befunden ist das Telefon und macht somit mehr als 70 % der verwendeten Daten aus. Dabei steht das Telefonieren als solches und das freihändige Telefonieren im Speziellen im Vordergrund. Das Lesen & Schreiben von SMS, sowie andere Bedienfunktionen wurden etwa gleich häufig untersucht.

Die ebenfalls in der Tabelle aufgeführte Stichprobengröße variiert zwischen neun und 127 Probanden und liegt im Mittel bei 35 Probanden pro Studie. Insgesamt gehen Befunde von 2454 Probanden in die Analyse ein, wobei die Zahl stark zwischen den einzelnen IKS-Klassen und Aufgaben schwankt. Während sich das freihändige Telefonieren auf Befunde von insgesamt 882 Probanden stützt, fließen bei der Bedienung von Navigationsgeräten nur Befunde von 72 Probanden ein.

Um die Fahrperformanz darzustellen, wurden innerhalb von 50 Studien 117 zum Teil sehr spezielle Parameter definiert. Die daraus resultierenden 663 Befunde wurden in unterschiedlichen Versuchsumgebungen und Szenarien mit unterschiedlichen Personengruppen erhoben. Um die Effekte zu ermitteln wurde zudem eine Vielzahl von statistischen Tests angewendet. Aufgrund der hier dargestellten Heterogenität der Daten ist eine quantitative

Meta-Analyse mit gepoolten Daten oder gemittelten Ergebnissen der vorliegenden Signifikanztests nicht sinnvoll. Dennoch erlaubt die Datenlage eine Auswertung in Form eines Vote-Countings. Dabei wird die ermittelte Effektrichtung mit der Baseline-Messung verglichen und so die Ablenkungswirkung der IKS bestimmt. Ein Verschlechtern der Fahrperformanz wird dabei als negative Wirkung gewertet, ein Verbessern wird demgemäß positiv bewertet. Sofern möglich wurden die Befunde nach einzelnen Aufgaben innerhalb der IKS-Klassen getrennt bewertet.

Tabelle 3: Anzahl von Studien bzw. Befunden, sowie Angabe der Stichprobengröße (min./max.) für die jeweiligen IKS bzw. IKS-Aufgaben, sortiert nach der Häufigkeit des Vorkommens. Studien, die mehr als ein IKS untersuchen, sind je nach Anzahl der untersuchten IKS mehrfach vertreten.

| IKS/ Aufgabe | N Studien | N Befunde | Min VP | Max VP | MW VP | Summe VP |
|-----------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| Telefon insgesamt | 50 | 469 | 9 | 127 | 44 | 1750 |
| Telefonieren insgesamt | 28 | 266 | 9 | 119 | 46 | 1057 |
| am Ohr telefonieren | 8 | 82 | 20 | 40 | 30 | 242 |
| telefonieren freihändig | 19 | 184 | 9 | 119 | 44 | 882 |
| Bedienung Telefon insgesamt | 14 | 133 | 18 | 43 | 35 | 384 |
| Bedienung Telefon komplex | 7 | 27 | 18 | 43 | 28 | 199 |
| Bedienung Telefon simpel | 7 | 106 | 22 | 43 | 31 | 185 |
| SMS lesen/schreiben | 9 | 70 | 18 | 127 | 33 | 309 |
| Bedienung MP3-Player | 7 | 79 | 18 | 50 | 31 | 216 |
| Bedienung Radio | 5 | 27 | 24 | 60 | 37 | 187 |
| Bedienung MMI | 5 | 42 | 21 | 127 | 14 | 229 |
| Bedienung Navi | 3 | 46 | 18 | 30 | 14 | 72 |
| Gesamt | 70 | 663 | 9 | 127 | 36 | 2454 |

2.3.2. Ergebnisse pro IKS

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die einzelnen IKS mit den in den Studien untersuchten Teilaufgaben berichtet. Da einige Studien mehrere IKS untersuchen, oder aber eine Aufgabe mit unterschiedlichen Ein- und Ausgabemodalitäten, können diese mehrfach in den Ergebnissen vorkommen. Die Zuteilung der Aufgaben zu den jeweiligen IKS erfolgt auf Grundlage der durchgeführten Aktion unabhängig vom verwendeten Gerät. Beispielsweise wurden für das Telefonieren neben dem Handy teilweise auch andere Geräte, wie ein

PDA oder auch im Fahrzeug verbaute Geräte (MMI) verwendet. Diese Ergebnisse wurden dennoch dem Telefonieren zugeordnet, da die Art der Aufgabe im Vordergrund steht und nicht das IKS als solches.

2.3.2.1. Telefon

Das Telefon als IKS ist ein vielseitiges Gerät mit derart unterschiedlichen Funktionen und Aufgaben, dass eine weitere Unterteilung unter Einbeziehung der Komplexität bzw. der eingesetzten Ressourcen sinnvoll ist. Zunächst wäre da das reine Telefonieren ohne Kontaktsuche oder Nummer-Eingabe von den anderen Aktionen abzugrenzen. Eine weitere Kategorie stellt die Bedienung des Telefons dar, welche abermals in simple und komplexe Bedienaufgaben unterteilt wird. Auch das Lesen & Schreiben von Kurznachrichten (SMS) bildet in der folgenden Auswertung eine eigene Unterkategorie.

2.3.2.1.1. Telefonieren

Insgesamt untersuchten 23 Studien die Auswirkungen des Telefonierens auf die Fahrperformanz. Dabei untersuchten 15 der Studien das freihändige Telefonieren, lediglich drei das Telefonieren mit dem Handy am Ohr. Fünf dieser 23 Studien untersuchten die Auswirkungen der beiden Arten des Telefonierens im direkten Vergleich.

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse für das Telefonieren mit den beiden Unterkategorien „am Ohr Telefonieren“ und „freihändig Telefonieren“. Dargestellt ist die Anzahl der Befunde sowie der prozentuale Anteil der beeinträchtigten Befunde mit dem zugehörigen Vertrauensintervall. Des Weiteren ist die Anzahl der Befunde getrennt nach verbesserter Fahrperformanz und ohne Änderung in der Fahrperformanz angegeben.

Während das freihändige Telefonieren zu 32 % Einbußen in der Fahrperformanz führt, zeigen die Ergebnisse für das Telefonieren mit dem Handy am Ohr 14 % Leistungseinbußen. Da keine Überlappung der Vertrauensintervalle besteht, ist dieser Unterschied als signifikant zu bewerten. Damit widerspricht dieses Ergebnis der momentanen gesetzlichen Regelung in Deutschland, die freihändiges Telefonieren erlaubt, Telefonieren mit dem Handy am Ohr hingegen nicht.

Tabelle 4: Ergebnisse zu den Arten des Telefonierens. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze), sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für das Telefonieren insgesamt und pro Aufgabe.

| Telefonieren | Befunde | Beeinträchtigung | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|--------------------------------|---------|------------------|---------------------|------------|--------------------|--------|
| | N | % | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 266 | 27 | 22 | 32 | 59 | 15 |
| am Ohr telefonieren | 82 | 15 | 7 | 22 | 60 | 26 |
| freihändig telefonieren | 184 | 33 | 26 | 39 | 58 | 10 |

2.3.2.1.2. Bedienungsaufgaben Telefon

Neben dem Telefonieren bietet das Telefon eine große Anzahl an vielfältigen Bedienungsaufgaben. Im Folgenden wird die Bedienung nach einfachen und komplexen Aufgaben unterteilt. Dabei wird als einfach bewertet, wenn die Bedienung auditiv-verbal erfolgt oder aber, wenn keine bzw. geringe manuelle Tätigkeiten erforderlich waren. Als komplexe Aufgaben hingegen gelten Aufgaben mit einer visuell-manuellen Bearbeitung. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt die Bearbeitungsdauer dar. Dabei werden lange Bearbeitungszeiten aufgrund der damit verbundenen längeren Blickabwendung den komplexen Aufgaben zugeordnet.

2.3.2.1.2.1. Simple Bedienungsaufgaben Telefon

Zu den simplen Bedienungsaufgaben zählen das Raussuchen von Kontakten, Wählen von Telefonnummern, Senden und Empfangen von SMS und das Klingeln lassen des Telefons. Hierbei handelte es sich ausschließlich um Bedienungsaufgaben, die verbal bearbeitet werden. Eine Ausnahme bildet das Klingeln lassen des Telefons, bei dem keinerlei Handlung der Probanden erforderlich war. Eine weitere Ausnahme ist das Senden und Empfangen von Kurznachrichten. Hier wurde der Empfang eingehender bzw. der Versand von vorgefasster Nachrichten mit nur einem Tastendruck bewerkstelligt.

Tabelle 5: Ergebnisse zu den simplen Teilaufgaben bei der Telefonbedienung. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die simple Telefonbedienung insgesamt und pro Aufgabe.

| Bedienung Telefon simpl | Befunde N | Beeinträchtigung % | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|--|----------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------|
| | | | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 106 | 35 | 26 | 44 | 63 | 2 |
| Klingeln lassen | 7 | 71 | 38 | 105 | 29 | - |
| Kontakt raussuchen | 8 | 25 | 0 | 55 | 50 | 25 |
| Nummer wählen | 10 | 50 | 19 | 81 | 50 | - |
| SMS empfangen | 40 | 15 | 4 | 26 | 85 | - |
| SMS senden | 41 | 46 | 31 | 62 | 54 | - |

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse für die simplen Bedienaufgaben des Telefons. Der geringste Einfluss mit 15 % Beeinträchtigung konnte beim Empfangen von SMS gefunden werden. Das Versenden von SMS hingegen liegt mit 46 % Beeinträchtigung deutlich höher. Die Lage der Vertrauensintervalle deutet auf einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Aufgaben hin. Während das Raussuchen eines Kontaktes zu 25 % Beeinträchtigung führt, liegt der Wert für das Wählen einer Telefonnummer mit 50 % Beeinträchtigung deutlich höher. Da aber die Vertrauensintervalle zum einen sehr groß sind und auch stark überlappen, ist dieser Unterschied als nicht signifikant zu bewerten. Die größte Beeinträchtigung bei den simplen Bedienaufgaben ist mit 71 % beim „Klingeln lassen“ zu finden, wobei dieser Prozentsatz auf sieben Befunden aus lediglich einer Studie beruht und ein sehr großes Vertrauensintervall besitzt.

2.3.2.1.2.2. Komplexe Bedienungsaufgaben Telefon

Zu den komplexen Bedienaufgaben zählen das Raussuchen von Kontakten, Wählen von Telefonnummern, die Nutzung von Apps (Application software) wie Facebook oder Instagram und das Surfen im Internet. Hierbei handelt es sich ausschließlich um visuell-manuelle Aufgaben.

Tabelle 6: Ergebnisse zu den komplexen Teilaufgaben bei der Telefonbedienung. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die komplexe Telefonbedienung insgesamt und pro Aufgabe.

| Bedienung Telefon komplex | Befunde N | Beeinträchtigung % | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|---------------------------------|--------------|-----------------------|---------------------|------------|--------------------|--------|
| | | | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 27 | 56 | 37 | 74 | 37 | 7 |
| Kontakt raussuchen | 4 | 50 | 1 | 99 | 25 | 25 |
| Nummer wählen | 13 | 77 | 54 | 100 | 23 | - |
| Social media | 6 | 33 | 0 | 71 | 67 | - |
| Surfen | 4 | 25 | 0 | 67 | 50 | 25 |

Die Ergebnisse für die komplexen Bedienaufgaben des Telefons sind in Tabelle 6 aufgeführt. Insgesamt sind die einzelnen Aufgaben mit Ausnahme des Wählens einer Nummer nur wenig untersucht worden. Entsprechend groß sind die Vertrauensintervalle, sodass Unterschiede nur explorativ und mit Vorsicht interpretiert werden sollten. Die Unterschiede zwischen den komplexen Bedienaufgaben sind durch die starke Überlappung der Vertrauensintervalle als nicht signifikant zu bewerten. Innerhalb der komplexen Bedienungsaufgaben beim Telefon findet sich der größte Anteil an beeinträchtigten Parametern beim manuellen Wählen einer Telefonnummer (77 %). An zweiter Stelle folgt das Rausuchen eines Kontaktes mit 50 % Beeinträchtigung, welche auf nur vier Befunden beruht. Für den Umgang mit Social-Media Apps sowie für das Surfen im Internet liegen ebenfalls nur sehr wenige Befunde vor. Diese zeigen eine deutlich geringere Beeinträchtigung (Social Media = 33 %, Surfen = 25 %) im Vergleich zum Rausuchen eines Kontakts bzw. dem manuellen Wählen einer Telefonnummer.

2.3.2.2. Kurznachrichten (SMS)

Das Lesen und Schreiben von SMS wurde in zehn der verwendeten Studien untersucht. Da zwei von ihnen gar nicht zwischen Lesen und Schreiben einer SMS unterschieden und eine weitere nur zwischen Lesen und Lesen & Schreiben, entstanden so drei Unterkategorien. Mit Ausnahme von zwei Studien erfolgte die Bedingung visuell-manuell mit dem Telefon

in der Hand. Eine Studie untersuchte den direkten Vergleich zwischen Handyhalterung und Telefon in der Hand. In einer weiteren Studie wurde das konventionelle Lesen und Schreiben mit dem Handy in der Hand mit zwei weiteren Methoden verglichen. Zum einen mit dem verbal-visuellen Lesen und Schreiben zum anderen mittels Google-Brille, bei welcher die Bedienung teilweise über ein an der Brille angebrachtes Touchpad erfolgte.

Beim Lesen von SMS finden sich 67 % negative Befunde, beim Schreiben 59 % und bei der Kombination aus Lesen & Schreiben 53 % negativer Befunde (vgl. Tabelle 7). Insgesamt scheinen sich diese verschiedenen Aufgaben demnach kaum in ihrer Wirkung auf das Fahrerverhalten zu unterscheiden. Hierbei ist zu beachten, dass sich die Beeinträchtigung beim Lesen von SMS auf lediglich drei Befunde stützt.

Tabelle 7: Ergebnisse zu Nutzung von SMS. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die Nutzung von SMS insgesamt und pro Aufgabe.

| SMS | Befunde | Beeinträchtigung | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|-----------------------------|---------|------------------|---------------------|------------|--------------------|--------|
| | N | % | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 70 | 56 | 44 | 67 | 30 | 14 |
| Lesen | 3 | 67 | 13 | 120 | 33 | - |
| Lesen/ Schreiben | 38 | 53 | 37 | 69 | 26 | 21 |
| Schreiben | 29 | 59 | 41 | 77 | 34 | 7 |

2.3.2.3. Musik

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse für die untersuchten Musikgeräte aufgeführt. Fünf Studien untersuchten die Auswirkungen der Sendersuche beim Radio, sieben die Suche von Titeln auf dem MP3-Player auf die Fahrperformanz. Die Bedienung des Radios, welches immer in der Mittelkonsole verbaut war, erfolgte bei zwei der Studien visuell-manuell, bei den anderen beiden auditiv-verbal. Der MP3-Player wurde einmal verbal bedient, in vier der Untersuchungen während der Nutzung in der Hand gehalten.

Tabelle 8: Ergebnisse zu den Teilaufgaben bei Musikgeräten. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die Musikgeräte insgesamt und pro Gerät/Aufgabe.

| Musik | Befunde | Beeinträchtigung | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------|
| | N | % | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 106 | 32 | 1 | 41 | 53 | 15 |
| MP3-Player Titelsuche | 79 | 33 | 23 | 43 | 49 | 18 |
| Radio Sendersuche | 27 | 30 | 0 | 47 | 59 | 7 |

Bei der Titelsuche liegen 79 Befunde vor, 33 % davon signifikant beeinträchtigt. Für die Sendersuche beim Radio sind es 30 % Beeinträchtigung aus 27 Befunden. Somit unterscheiden sich die beiden Geräte hinsichtlich ihrer Beeinträchtigung der Fahrperformanz kaum voneinander.

2.3.2.4. Mensch-Maschine-Interface (MMI)

Die Bedienaufgaben beim MMI bilden eine sehr heterogene Gruppe. Da vordergründig die durchgeführte Aufgabe für die Zuordnung maßgeblich ist, wurden Funktionen des Telefons, wie das Telefonieren oder das Wählen von Telefonnummern, bereits den obenstehenden IKS zugeordnet. Folglich finden sich in der Kategorie „Bedienung MMI“ nur Aufgaben, die nicht anderweitig zugeordnet werden konnten. Sie umfasst sowohl komplexe Aufgaben wie Hotelbuchungen, Bearbeitung von E-Mails und Benutzung von digitalen Benutzerhandbüchern. Sowie auch weniger anspruchsvolle Aufgaben wie die Regulation von Klima/Audio-Anlagen und Erstellen von Listen. Da innerhalb der Studien zwischen den Teilaufgaben nicht unterschieden wird und diese als Aufgabengruppe in die Analyse einfließen, wird nachfolgend auch keine weitere Differenzierung vorgenommen. Für das MMI liegen Befunde aus lediglich fünf Untersuchungen vor. Dabei variierten die Bedienmethoden zwischen visueller oder akustischer Ausgabe, ebenso wie zwischen manueller und verbaler Eingabe. Es zeigte sich, dass mit Ausnahme der Handbuchnutzung, der Bedienung von Klimaanlage und der Lautstärkenregelung, alle mit dem MMI durchgeführten Aufgaben eine sehr starke Beeinträchtigung zu Folge haben. Insgesamt ergibt sich bei dem MMI eine Beeinträchtigung der Fahrperformanz von 58 % (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Ergebnisse zur Bedienung von MMI-Systemen. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde insgesamt und pro Aufgabe.

| Bedienung MMI | Befunde N | Beeinträchtigung % | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|----------------------------------|--------------|-----------------------|---------------------|------------|--------------------|--------|
| | | | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 42 | 60 | 45 | 74 | 33 | 7 |
| Bedienung simpel | 4 | 75 | 33 | 117 | - | 25 |
| Bedienung komplex | 4 | 75 | 33 | 117 | - | 25 |
| Bedienung Klima/Audio | 12 | 42 | 14 | 70 | 50 | 8 |
| E-Mail beantworten | 2 | 100 | 100 | 100 | - | - |
| Handbuch durchsuchen | 12 | 33 | 7 | 60 | 67 | - |
| Hotelbuchung | 8 | 100 | 100 | 100 | - | - |

2.3.2.5. Navigation

Das Navigationssystem ist, im Vergleich zum Telefonieren, ein relativ selten untersuchtes IKS. Insgesamt lagen 46 Befunde aus drei Studien mit einer signifikanten Beeinträchtigung von 39 % vor. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse für die Bedienung von Navigationssystemen aufgeführt.

Bei den Aufgaben handelte es sich zumeist um Zieleingaben, kleinere Bedienaufgaben, wie reinzoomen oder Starten & Schließen des Programms. Für die Änderungen der Route lagen lediglich zwei Befunde vor. Die Bedienmethoden variierten dabei zwischen visueller oder akustischer Ausgabe ebenso wie zwischen manueller und verbaler Eingabe. Insgesamt hat die Bedienung eines Navigationssystems deutlich negative Auswirkungen auf die Fahrperformanz.

Tabelle 10: Ergebnisse zur Bedingung von Navigationsgeräten. Dargestellt sind die Anzahl der Befunde, der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit dem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie der Anteil besserer und nicht signifikanter Befunde für die Navigation insgesamt und pro Aufgabe.

| Bedienung Navigation | Befunde | Beeinträchtigung | Vertrauensintervall | | Fahrperformanz (%) | |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------|
| | N | % | Untergrenze | Obergrenze | n.s. | besser |
| Gesamt | 46 | 39 | 25 | 53 | 20 | 41 |
| Adresse eingeben | 34 | 53 | 36 | 70 | 26 | 21 |
| Bedienung Navigation | 10 | 0 | 0 | 0 | - | 100 |
| Route ändern | 2 | 0 | 0 | 0 | - | 100 |

2.3.3. Zusammenfassung der IKS Ergebnisse

In Abbildung 9 sind die Ergebnisse pro IKS-Aufgabe (vgl. Tabelle 11) zusammengestellt und nach Ausmaß der Beeinträchtigung sortiert. Dabei wird deutlich, dass sich die IKS-Aufgaben anhand der Beeinträchtigung in drei Bereiche einteilen lassen. Den größten Einfluss auf die Fahrperformanz hat die Bedienung von MMI-Systemen, das Lesen & Schreiben von SMS und die komplexen Bedienaufgaben des Telefons. Die Beeinträchtigung der drei Aufgaben liegt dabei zwischen 56 % und 60 % und unterscheidet sich praktisch nicht. Hier finden sich Aufgaben, die zum einen längere Blickabwendungen, wie auch längere Bearbeitungszeiten erfordern. Zum anderen sowohl größere kognitive Anforderungen aufweisen, wie auch eine manuelle Bearbeitung erfordern.

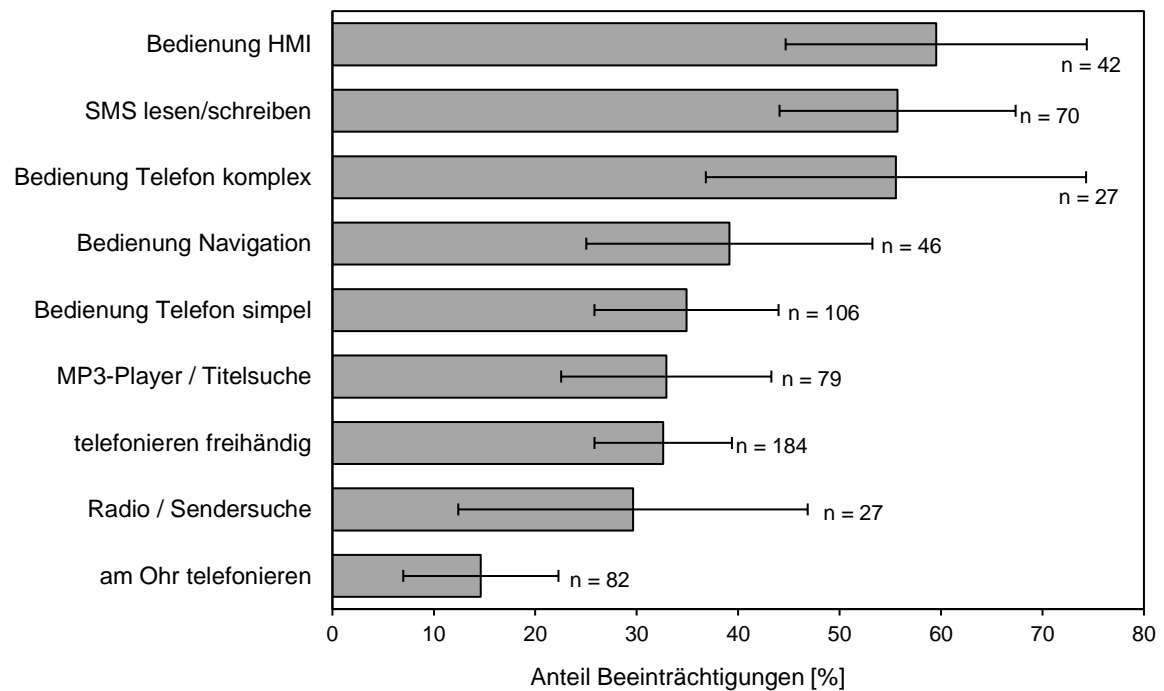


Abbildung 9: IKS sortiert nach Anteil der Beeinträchtigung in Prozent sowie der jeweilige 95 %-Vertrauensintervall.

Mit einem deutlich geringeren aber nicht unerheblichen Ausmaß an negativen Auswirkungen auf die Fahrperformanz folgen im Bereich zwischen 30 - 39 % mit absteigender Beeinträchtigung die Bedienung des Navigationssystems, die simplen Bedienaufgaben des Telefons, sowie die Titelsuche beim MP3-Player, sowie das freihändige Telefonieren und die Sendersuche beim Radio. Diese Aufgaben unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Fahrperformanz kaum voneinander und bilden die zweite Kategorie der IKS-Aufgaben. In dieser befinden sich Aufgaben, deren Anforderungen im Vergleich zur vorherigen Gruppe geringer sind und, mit Ausnahme des Telefonierens, deren Bearbeitung manuell erfolgt. Verglichen mit dem Schreiben einer SMS z.B. handelt es sich um Aufgaben mit kürzeren Bearbeitungszeiten und den damit verbundenen kürzeren Blickabwendungen. Aufgrund der nicht oder kaum überlappenden Vertrauensintervalle kann von einem signifikanten Unterschied der beiden Kategorien ausgegangen werden. Im dritten abzugrenzenden Bereich befindet sich das Telefonieren mit dem Handy am Ohr. Hier wurden die wenigsten negativen Befunde nachgewiesen. Die Beeinträchtigung der Fahrperformanz durch das während des Telefonierens in der Hand gehaltene Telefon liegt bei 15 %.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse des Vote-Countings. Dargestellt sind der Anteil signifikant beeinträchtigter Parameter mit ihrem 95 %-Vertrauensintervall (Untergrenze, Obergrenze) sowie die Anzahl der Befunde mit dem Anteil besserer und nicht signifikanter insgesamt und pro Aufgabe bzw. Gerät.

| Bedienung | Beeinträchtigung | Vertrauensintervall | | Befunde | Fahrperformanz (%) | |
|----------------------------------|------------------|---------------------|------------|----------|--------------------|--------|
| | | Untergrenze | Obergrenze | | n.s. | besser |
| Navigation | % | | | N | | |
| Bedienung HMI | 60 | 45 | 74 | 42 | 33 | 7 |
| SMS lesen/schreiben | 56 | 44 | 47 | 70 | 30 | 14 |
| Bedienung Telefon komplex | 56 | 37 | 74 | 27 | 37 | 7 |
| Bedienung Navigation | 39 | 25 | 53 | 46 | 20 | 41 |
| Bedienung Telefon simpel | 35 | 26 | 44 | 106 | 63 | 2 |
| MP3-Player | 33 | 23 | 43 | 79 | 49 | 18 |
| telefonieren freihändig | 33 | 26 | 39 | 184 | 58 | 10 |
| Radio | 30 | 0 | 47 | 27 | 59 | 7 |
| am Ohr telefonieren | 15 | 7 | 22 | 82 | 60 | 26 |

2.3.4. Alkoholvergleich

Der Vergleich der IKS-Effekte mit den Effekten der Alkoholwirkung (Schnabel, 2011) ist in Abbildung 10 grafisch dargestellt. Der Anteil der negativen Befunde für das Telefonieren mit dem Handy am Ohr liegt bei etwa 0.3 Promille, beim Einstellen des Radiosenders bei etwa 0,4 Promille und somit unter der derzeitigen gesetzlichen Promillegrenze von 0,5‰. Das freihändige Telefonieren und die Titelsuche beim MP3-Player, wie auch die einfachen Bedienaufgaben beim Telefon und das Bedienen der Navigationsgeräte liegen im Bereich zwischen 0.6 und 0.7 Promille. Die Anzahl der signifikant negativen Befunde bei den komplexen Bedienaufgaben am Telefon, wie auch beim Lesen & Schreiben von SMS und der Bedienung der MMI-Systeme entspricht annähernd der Wirkung einer BAK von 1.0 Promille. Auch bei dem vorliegenden Vergleich lassen sich die IKS und ihre Aufgaben in drei Kategorien unterteilen, wobei die Sendersuche beim Radio aufgrund der Promillegrenze in diesem Fall zu der Kategorie mit dem geringsten negativen Einfluss auf die Fahrperformanz zu zählen wäre.

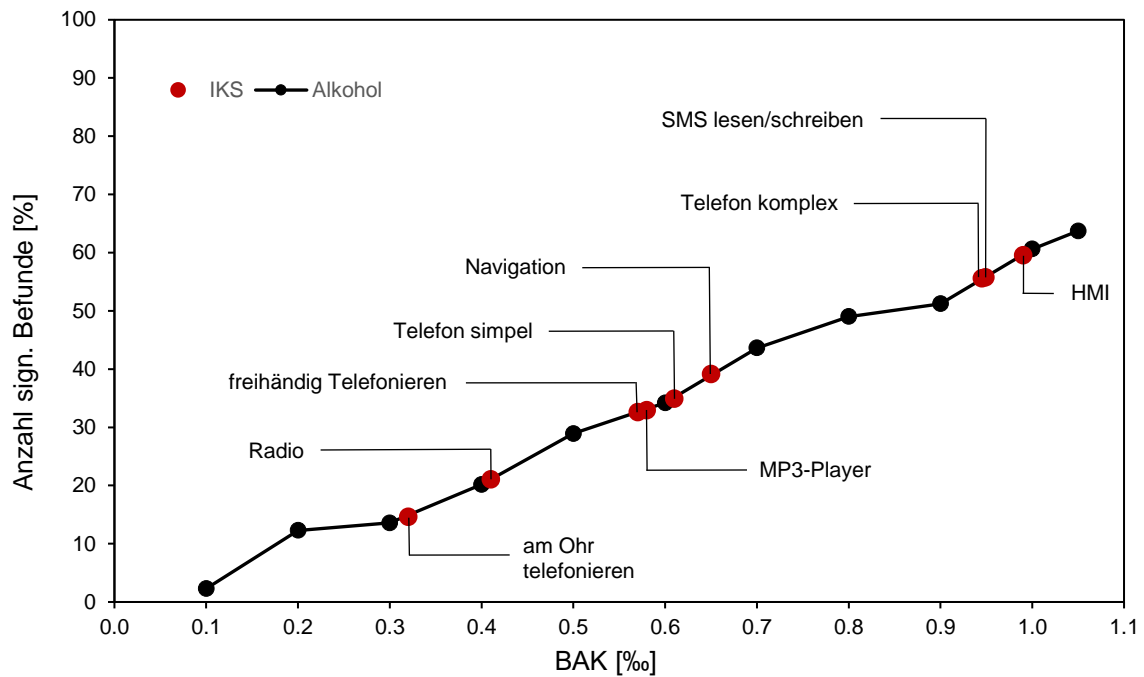


Abbildung 10: Vergleich der Leistungseinbußen bei der Fahrperformance zwischen IKS-Nutzung und Fahren unter Alkohol. Dargestellt ist jeweils die prozentuale Anzahl signifikant schlechterer Befunde bezogen auf die BAK-Konzentration in Promille.

2.4. Diskussion

Aufgrund der Heterogenität der Daten konnte nicht, wie angedacht, eine Auswertung mittels quantitativer Meta-Analyse erfolgen. Aus den 50 in die Analyse eingeflossenen Studien wurden insgesamt 663 Befunde aus 117 unterschiedlichen Parametern extrahiert. Dabei variierte die Anzahl der Parameter pro Studie zwischen fünf und 17, wobei die Anzahl zu verwertbarer Befunde aus den Studien zwischen einem und 65 Befunden schwankte. Berücksichtigt man, dass fünf der 50 Studien mehr als ein IKS und sechs der Studien mehr als eine Bedienaufgabe untersuchten, liegt die Anzahl der Befunde pro Untersuchung im Mittel bei 13 Befunden und pro erhobenem Parameter im Mittel bei fünf Befunden. Vor diesem Hintergrund erscheint die Anzahl der Befunde relativ gering. Ursächlich hierfür waren überwiegend die unvollständigen Angaben zu den Ergebnissen in den betrachteten Studien. Zwar wurden die Haupteffekte meist berichtet, jedoch fehlten teilweise die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche, die Mittelwerte oder andere Hinweise auf die Effektrichtung. Um aber Aussagen über die Ablenkungswirkung durch IKS treffen zu können, ist die Effektrichtung jedoch entscheidend.

Bei der genaueren Betrachtung der 117 verwendeten Parameter wird deutlich, dass die Variablen der Längsführung gefolgt von den Variablen der Querführung, am häufigsten

Verwendung fanden und gemeinsam 80 % der Befunde ausmachten. Auch innerhalb dieser beiden Kategorien ist die Verteilung sehr ungleichmäßig. Der am häufigsten berichtete Parameter war die mittlere Geschwindigkeit, deren Anteil an den Befunden der Längsführung bei 27 % und an den Gesamtbefunden bei 12 % lag. Neben der Standardabweichung der Geschwindigkeit spielten die beiden Abstandsmaße „mittlerer Abstand zu Vorderfahrzeug“ und „Standardabweichung des Abstandes zu Vorderfahrzeug“ eine Rolle. Ähnlich verhielt es sich mit den Parametern der Querführung, wobei sich hier drei Parameter hervorhoben: die laterale Position, die Standardabweichung der lateralen Position sowie die mittlere Abweichung von der Idealspur. Insgesamt machte die Standardabweichung der lateralen Position 27 % der Längsführungs- und 10 % der Gesamtbefunde aus.

Zur Bewertung der Ablenkungswirkung wurde eine Einteilung der signifikanten Effekte in den Studien nach verschlechterten und verbesserten Befunden im Vergleich zur Kontrollfahrt ohne IKS-Nutzung vorgenommen und den nicht-signifikanten Befunden gegenübergestellt. Von den 663 Befunden waren 40 % der Befunde signifikant beeinträchtigt. Der Anteil an nicht-signifikanten Befunden lag bei 45 %, der signifikant verbesserten Befunde bei 15 %. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses muss jedoch beachtet werden, dass nicht zwingend die Bedienung der IKS keine oder sogar eine positive Wirkung auf die Fahrperformanz haben, sondern es sich hierbei vielmehr um Kompensationsstrategien der Fahrer handelt, die auf die Beanspruchung durch die Nebenaufgabe mit einer Reduzierung der Geschwindigkeit oder einem größeren Abstand zum Vorderfahrzeug reagieren.

Um die Ablenkungswirkung durch IKS zu ermitteln, wurden zunächst die unterschiedlichen IKS-Klassen wie Telefon, MMI etc. betrachtet. Viele Geräte bieten neben ihrer Grundfunktion noch zusätzliche Features und Unterprogramme an. So kann zum Beispiel mit dem Telefon nunmehr nicht nur telefoniert werden, sondern auch Kurznachrichten verschickt, navigiert und im Internet gesurft werden. Dies führt zu Überschneidungen in den Funktionen der IKS. Infolge dessen wurden die in den Untersuchungen berichteten Effekte zusätzlich nach Bedienaufgaben geordnet betrachtet. Daraus ergaben sich Aufgabengruppen, die z.T. mittels unterschiedlicher Geräte bearbeitet wurden. Das freihändige Telefonieren, beispielsweise konnte neben dem Telefon auch mittels MMI oder PDA durchgeführt worden sein. Daher kann mit Hilfe der Analyse der Bedienaufgaben unabhängig vom Gerät der Einfluss des freihändigen Telefonierens auf die Fahrperformanz ermittelt werden.

Die deutlichsten Beeinträchtigungen konnten der Bedienung von MMI-Systemen, dem Lesen & Schreiben von SMS, und den komplexen Bedienaufgaben am Telefon nachgewiesen werden. Das MMI mit einem Gesamtbeeinträchtigungsanteil von 60 % der untersuchten 42 Effekte, vereint dabei eine sehr heterogene Gruppe von Bedienaufgaben. Während die Regulation der Klimaanlage zu den simplen Bedienaufgaben zählt, sind das Beantworten von E-Mails, sowie Hotelbuchungen anspruchsvollere Aufgaben, die lange Bearbeitungszeiten und lange Blickabwendungen vom Straßengeschehen innehaben. Dennoch ist der Anteil an Beeinträchtigung bei den simplen Bedienaufgaben mit 59 % annähernd so hoch wie bei den komplexen Bedienaufgaben (77 %). Zudem lassen die großen Vertrauensintervalle keine Schlussfolgerungen in Richtung Unterschiede zwischen den Teilaufgaben zu. Darüber hinaus basiert die Berechnung auf einer geringen Befundanzahl der einzelnen Teilaufgaben aus lediglich fünf Studien zur MMI-Nutzung.

Auch beim Lesen und Schreiben von SMS ist der Anteil an Beeinträchtigungen in den Befunden mit 56 % sehr hoch, wobei sich das Lesen von SMS in ihrer Wirkung auf die Fahrperformanz kaum vom SMS-Schreiben unterscheidet, da sich die zugehörigen Vertrauensintervalle nahezu vollständig überlappen. Die dritthöchste Beeinträchtigung mit knapp 56 % verschlechterten Fahrleistungen fand sich bei den komplexen Telefonaufgaben. In dieser Gruppe wurden zum einen diejenigen Bedienaufgaben des Telefons zusammengefasst, die aufgrund ihres Beanspruchungsprofils, wie z.B. einer langen Bearbeitungszeit, langen Blickabwendungen, oder einer schlechten Unterbrechbarkeit als anspruchsvoll eingestuft worden sind. Zum anderen finden sich hier auch die Teilaufgaben, deren kognitive Anforderungen zwar geringer waren, die Komplexität aufgrund der visuell-manuell stärker beanspruchenden Ein- und Ausgabemethode insgesamt jedoch vergleichbar war.

Die Bedienung der MMI-Systeme, das Lesen & Schreiben von SMS sowie die komplexe Telefonbedienung sind alle durch lange Bearbeitungszeiten, damit verbundene lange Phasen der Blickabwendungen vom Fahrgeschehen weg hin zum Bedienelement gekennzeichnet und sind schlecht unterbrechbar. Für die Bearbeitung dieser Bedienaufgaben werden sowohl visuelle, kognitive wie auch motorische Ressourcen benötigt. Somit besitzen sie ein vergleichbares Beanspruchungsprofil wie das Autofahren, was nach Ressourcenmodellen der Leistungsfähigkeit (Kahneman, 1973; Wickens, 1980, 2002) das hohe Ausmaß an Leistungseinbußen in der Fahrperformanz erklärt.

In dem Bereich von 30 - 39 % beeinträchtigter Fahrleistungsbefunde findet sich eine zweite Gruppe von Bedienaufgaben, die sich deutlich von der Beeinträchtigung der Bedienung der

komplexen Aufgaben des Telefons, wie auch von der Bedienung der MMI-Systeme und dem Lesen und Schreiben von SMS unterscheidet. Hierzu zählen die Bedienung von Navigations- und Musikgeräten (Mp3-Player, Radio), sowie die simplen Bedienaufgaben des Telefons und das freihändige Telefonieren. Mit Ausnahme des freihändigen Telefonierens und den simplen Bedienaufgaben am Telefon, ähnelt das Beanspruchungsprofil der zweiten Gruppe von Bedienaufgaben dem Profil des Autofahrens. Dabei ist die niedrigere Beeinträchtigung der zweiten Gruppe vermutlich in den geringeren Anforderungen der Aufgaben begründet. Diese Bedienaufgaben zeichnen sich durch kürzere Bearbeitungs- und Blickabwendungszeiten, sowie durch eine bessere Unterbrechbarkeit der Aufgabebearbeitung aus, wodurch auch der Einfluss auf die Fahrperformanz geringer ist. Zu beachten ist hierbei, dass sich die Beeinträchtigung von 39 % bei der Bedienung der Navigationssysteme auf insgesamt 46 Befunde aus lediglich drei Studien stützten. Zudem konnten die Bedienaufgaben aufgrund fehlender Angaben in der zugrundeliegenden Literatur nicht zuverlässig nach visuell-manueller und auditiv-verbaler Eingabemethoden getrennt werden. Auch das Ergebnis der Radiobedienung stützt sich auf nur 27 Befunde aus fünf Studien, was die externe Validität des Ergebnisses in Frage stellt. Das freihändige Telefonieren als Nebenaufgabe hingegen führt lediglich zur Doppelbeanspruchung der kognitiven Ressource. Dennoch scheint die kognitive Beanspruchung und die daraus resultierende Ablenkungswirkung vergleichbar groß zu sein, wie die Ablenkung durch die Titelwahl beim MP3-Player, deren Beanspruchungsprofil sich weniger durch kognitive Prozesse als durch visuelle (Blickabwendung) und manuelle Beanspruchung (Bedienung) auszeichnet. Das Ausmaß der kognitiven Beanspruchung scheint auch bei der simplen Telefonbedienung eine Rolle zu spielen. Zwar wurden hier Teilaufgaben zusammengefasst, deren Bearbeitung nicht ausschließlich auditiv-verbal erfolgte, dennoch haben die Teilaufgaben mit visuell-manueller Bearbeitung nicht zwangsläufig einen höheren Anteil an beeinträchtigten Befunden. Das Senden bzw. Empfangen von SMS wurde zum Beispiel als simple Bedienaufgaben kategorisiert, da die Bearbeitung durch das Drücken eines Knopfes abgeschlossen war. Diese Aufgaben hatten einen Anteil von Beeinträchtigung an der gemessenen Fahrleistung von 15 % (Empfangen von SMS) bzw. 46 % (Senden von SMS). Im Vergleich dazu hatte das simple Klingeln lassen des Telefons einen Anteil von 71 % beeinträchtigten Fahrleistungen, das verbale Wählen einer Nummer einen Anteil von 50 %. Dies deutet auf die Beteiligung der kognitiven Verarbeitung hin. Das alleinige Klingeln lassen des Telefons beispielsweise beansprucht lediglich die akustische Modalität, wobei diese für das Autofahren nicht von Bedeutung ist. Zudem erfolgt auch keine motorische

oder verbale Reaktion auf das Telefonklingeln seitens des Probanden. Obwohl also die visuell-motorische Komponente beim Klingeln lassen des Telefons und dem verbalen Wählen einer Telefonnummer fehlte, war die Beanspruchung und somit auch die Ablenkungswirkung durch diese größer als die der simplen visuell-motorischen Aufgaben. Folglich müssen kognitive Prozesse für die Einbußen in der Fahrperformanz verantwortlich sein. Auch die Ergebnisse der simplen Bedienaufgaben stützen sich zum Teil auf nur wenige Befunde, was auch hier die externe Validität des Ergebnisses in Frage stellt.

Das Telefonieren mit dem Handy am Ohr zeigt in dieser Analyse eine Beeinträchtigung von 15 % bei insgesamt 82 Befunden aus 8 Studien und weist damit den geringsten Anteil an Beeinträchtigung aller untersuchten IKS auf. In fünf der acht Studien (Horrey & Wickens, 2004; Crisler et al., 2008; Laberge, Scialfa, White & Caird, 2004; Hosking & Regan, 2007; Hancock, Lesch & Simmons, 2003) wird das Telefonieren mit dem Handy am Ohr im direkten Vergleich zum freihändigen Telefonieren untersucht. Innerhalb dieser Untersuchungen konnte kein Unterschied zwischen den beiden Arten des Telefonierens gefunden werden. Dies kann zweierlei Ursachen haben. Zum einen könnten sowohl die Prüfszenarien wie auch die erhobenen Parameter ungeeignet gewesen sein, um die motorische Komponente des Autofahrens zu behindern. Zum anderen ist die kognitive Ressource bei beiden Arten des Telefonierens in den Untersuchungen dieselbe und führt somit auch zu ähnlichen Ergebnissen. In den übrigen drei Studien (Biondi, Turrill, Coleman, Cooper & Strayer, 2015; Kujala, Grahn & Holmstedt, 2015; McNabb & Gray, 2016) fahren die Probanden mit dem Handy am Ohr deutlich besser, als die nicht-telefonierenden Probanden. Dies deutet auf ein Kompensationsverhalten der telefonierenden Fahrer hin.

Zur weiteren Einordnung der vorliegenden Befunde wurde abschließend ein Vergleich mit der Meta-Analyse zur Alkoholwirkung beim Fahren von Schnabel (2011) durchgeführt. Der Vergleich zeigt, dass die Bedienung von MMI-Systemen vergleichbare Einbußen in der Fahrleistung bewirken wie eine Blutalkoholkonzentration von annähernd einem Promille. Gleichermaßen beeinträchtigend sind das Lesen & Schreiben von Kurznachrichten, sowie die komplexen Bedienaufgaben am Telefon. Mit deutlich geringeren Einbußen in der Fahrperformanz liegen die Bedienung von Navigationsgeräten und MP3-Playern wie auch die simplen Bedienaufgaben am Telefon und das freihändige Telefonieren auf vergleichbarem Niveau mit einer Blutalkoholkonzentration zwischen 0.6 und 0.7 Promille und somit immer noch höher als die momentan für das Führen von Kraftfahrzeugen gesetzlich geltende Höchstgrenze von 0.5 Promille.

Einschränkend muss gesagt werden, dass, während der Alkoholeinfluss über die gesamte Fahrdauer seine Wirkung behält, der Einfluss der IKS nur für die Dauer der Nutzung dieser besteht. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass, je länger eine Bedienaufgabe andauert und je weniger unterbrechbar sie ist, desto länger die Fahrt unter diesen Leistungseinbußen weitergeführt wird. Der Nachweis dieser Beeinträchtigungen ist dennoch nicht mit einem per se erhöhten Unfallrisiko gleichzusetzen. Unfälle entstehen nicht alleinig durch schlechte Fahrleistung, sondern viel mehr durch das Zusammenspiel zahlreicher Faktoren.

Eine weitere Einschränkung bei der Interpretation der Studienbefunde ist, dass die Aufgabenbearbeitung nicht zwingend realitätsnah ist. Schließlich wurden die Probanden zur Bearbeitung der Aufgaben aufgefordert. Diese Aufforderung erschwert Rückschlüsse auf das Verhalten im Realverkehr. Während sich die Probanden im Experiment stärker auf die Nebenaufgabe konzentrieren sollen, würden sie im Realverkehr den Zeitpunkt, um z.B. eine SMS zu schreiben, womöglich anders wählen und somit nicht so extreme Leistungseinbußen zeigen, da ihre Ressourcen nicht durch die Fahraufgabe ausgelastet wären.

Auch die Vielfalt an unterschiedlichen Versuchssituationen ist problembehaftet. Zum einen ist eine große Diskrepanz zwischen der Abbildung der Realität innerhalb der unterschiedlichen Simulationen gegeben, was einen Vergleich von Befunden aus Simulator- und Realfahrten nicht unproblematisch macht. Zum anderen ist auch die Gestaltung der Szenarien, die Streckenbeschaffenheit, sowie die Fahrumgebung von Bedeutung für die Vergleichbarkeit. Für eine gute Vergleichbarkeit der Befunde sind auch die vielen in den Studien vorgefundenen Varianten von Parametern hinderlich. So fanden sich beispielsweise innerhalb der 50 Studien 13 unterschiedliche Variationen des Parameters *Abstand zum Vorderfahrzeug*. Zudem zeigen sich nicht alle Parameter gleich empfindlich gegenüber dem Einfluss unterschiedlicher Beanspruchungsprofile von IKS-Geräten und Bedienaufgaben (Huemer & Vollrath, 2010). Es ist anzunehmen, dass eine manuelle Bearbeitung gepaart mit Blickabwendung zum IKS hin, sich vermehrt in der Querführung zeigen könnte. Würden hierbei also keine Querführungsparameter erhoben werden, würde ein Effekt, obwohl dieser vorhanden ist, nicht nachgewiesen werden können.

Zusammenfassend ist das Telefon mit seinen zahlreichen Funktionen das am besten untersuchte IKS im Fahrzeug. Insgesamt untersuchten über 70 % der in die Analyse eingeflossenen Befunde (494) die Auswirkungen der Telefonnutzung auf das Fahren. Die Entwicklung

der letzten Jahre zeigt, dass dem Fahrer vielfältigere Bedienmodi geräteunabhängiger Funktionen zur Verfügung stehen. Dabei sollten auch althergebrachte Funktionen nicht außer Acht gelassen werden, da die Bedienung sich verändert hat (nicht mehr vordergründig durch haptisch erfassbare Eingabegeräte (z.B. Drehregler) erfolgt, sondern zumeist über Touchscreens und dadurch an Komplexität gewinnt) und daher auch das Anforderungsprofil der Aufgaben. Daher sollte die Untersuchung der Ablenkungswirkung durch IKS zukünftig sowohl die Funktion (z.B. ein Telefongespräch führen) als auch die Bedienung (über Telefontastatur, Touchscreen, am Ohr, etc.) separat und in der Interaktion betrachten.

Für eine fundierte Aussage über die Ablenkungswirkung sind also standardisierte Prüf Szenarien sowie standardisierte Parameter notwendig, welche eine Vergleichbarkeit der Befunde gewährleisten würden.

All das sagt jedoch nichts über die Gefährlichkeit von IKS aus. Um darüber Aussagen treffen zu können, würden Fall-Kontroll-Studien benötigt werden. Da die Nutzung von IKS von der Polizei jedoch nicht als Unfallursache kodiert wird, sind Beobachtungs- und Befragungsstudien notwendig. Beobachtungsstudien sind insofern problematisch, da sie nur einige der zahlreichen IKS erfassen können. So sind viele Nebentätigkeiten wie zum Beispiel das freihändige Telefonieren, sowie die Bedienung von IKS über Sprache oder aber über ein Multifunktionslenkrad von außen nicht zu erfassen. Zudem ist mittels dieser Momentaufnahme keinerlei Aussage über die Dauer der Tätigkeit möglich. Aber auch Befragungen sind problembehaftet. Es ist anzunehmen, dass gerade selbstverständliche Einstellungen, wie das Bedienen der Klimaanlage oder des Radios retrospektiv in Vergessenheit geraten. Dennoch bleibt die Kombination aus Leistungseinschränkungen aus Standard-Szenarien, wie die aus der vorliegende Meta-Analyse und den Häufigkeiten aus Beobachtungs- und Befragungsstudien die einzige Möglichkeit, um die Gefährdung durch die Nutzung von IKS einzuschätzen.

3. Studie 1

3.1. Einleitung

Die zunehmende Ablenkung des Fahrers wird nicht nur durch Entertainmentgeräte verursacht. Die wachsende Anzahl von fahrzeuginternen Assistenz- und Informationssystemen beansprucht ebenfalls die Ressourcen, die zum sicheren Führen eines Fahrzeugs erforderlich sind. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie diese zusätzlichen Informationen vermittelt werden können, ohne zu Einbußen bei der fahrerischen Leistung zu führen.

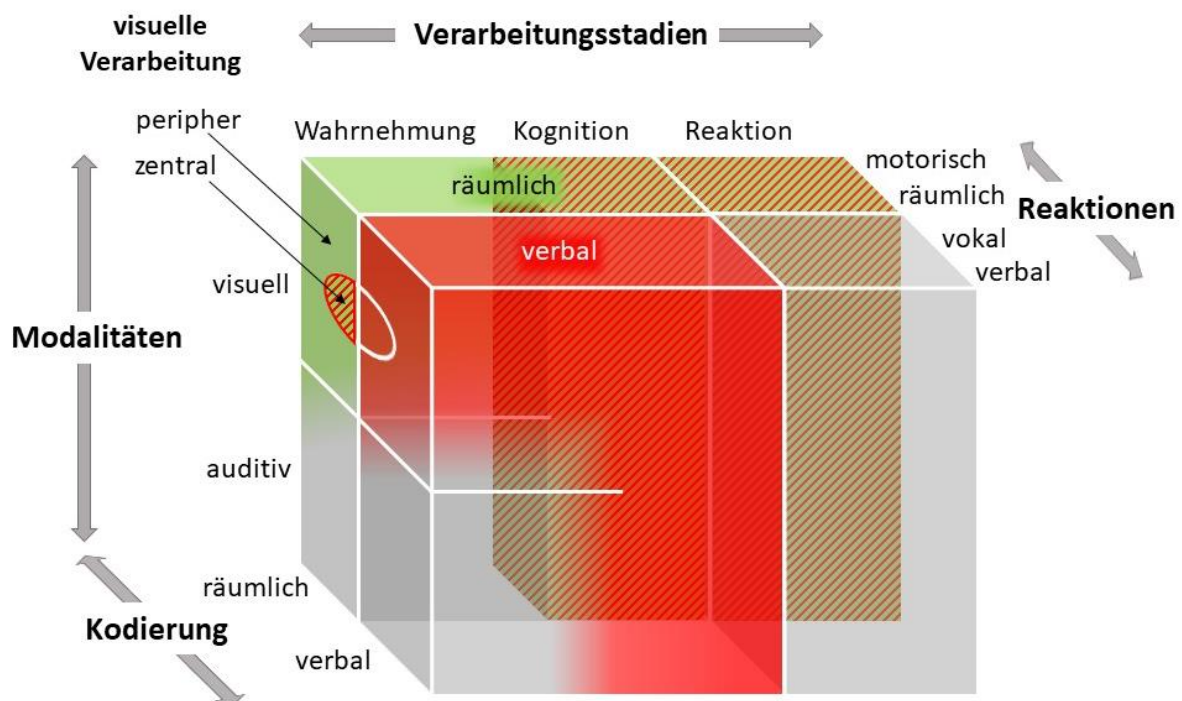


Abbildung 11: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und einem visuellen Informationssystem im HUD (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

Um ein Fahrzeug adäquat zu steuern benötigt der Fahrer hauptsächlich die räumliche Kodierung des Modells Multipler Ressourcen (Wickens, 1980, 2008). Werden Informationen über ein Head-Up-Display (HUD) mit symbolischer Darstellung vermittelt, müsste dies relativ stark mit der Fahraufgabe interferieren. Zwar werden Symbole im Modell über die verbale Kodierung verarbeitet, beachtet werden sollte jedoch auch, dass

mittels der Symbole räumliche Informationen zum einen vermittelt, zum anderen auch verarbeitet werden müssen und der räumlichen Kodierung unterliegen. Zusätzlich wird mit dem Head-Up-Display auch der visuelle Kanal genutzt. Auf diese Weise entsteht eine doppelte Beanspruchung der visuellen Modalität. Allerdings ist das HUD so positioniert, dass die Fahrumgebung weiterhin peripher wahrgenommen bzw. überwacht werden kann (siehe Abbildung 11). Ein weiterer Vorteil des HUD ist die Darbietung der Informationen im Fernsichtbereich, sodass keine Readaption der Augen auf die Fahrumgebung stattfinden muss. Dies gilt insbesondere für ältere Fahrer, da sich die Adaptionszeit im Alter verlängert. Insgesamt können so zwar Interferenzen entstehen, welche jedoch im Vergleich z.B. zu einem Kombidisplay deutlich geringer sein sollten.

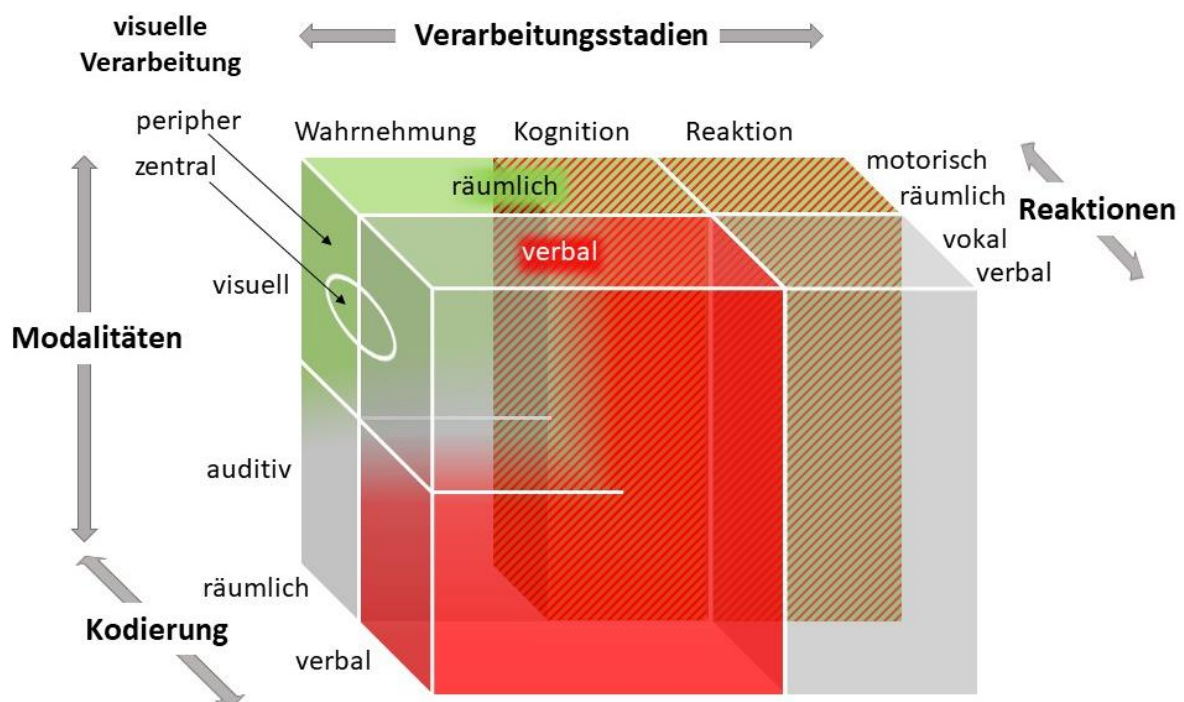


Abbildung 12: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und einem sprachlichen Informationssystem (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

Um die Ablenkungswirkung seitens der Assistenz- und Informationssysteme noch weiter zu minimieren und gleichzeitig die Reaktion auf z.B. potenzielle Gefahrenquellen zu beschleunigen, könnte eine sprachliche Darbietung der Informationen eine Lösung sein. Gegenüber Symbolen mit räumlichen Komponenten würde man so sehr eindeutige verbale

Informationen vermitteln und die Interferenz mit räumlichen Informationen immerhin im Bereich der Informationsaufnahme vermeiden. Dem Modell entsprechend werden zwar verbale bzw. symbolische Informationen zunächst, wie oben bereits beschrieben, anderenorts verarbeitet, allerdings müssten Informationen, die räumliche Komponenten in Form von z.B. Richtungsangaben (wie „rechts“ oder „links“) beinhalten wiederum kognitiv-visuell verarbeitet werden. Die Verarbeitung dieser Informationen sollte also Interferenzen zur Folge haben, wenn auch nur geringe. Weiterhin würde die Information auditiv vermittelt werden, sodass keine Interferenz mit den visuellen Ressourcen entsteht (vgl. Abbildung 12). Ein weiterer großer Vorteil von sprachlichen Informationen wäre, dass der Inhalt, also die Bedeutung nicht erlernt werden muss (Haas & Edworthy, 2006). Der Fahrer wäre also in der Lage alle Informationen schnell zu verstehen, ohne dies erst erlernen zu müssen.

Die störenden Effekte bei Head-Up-Displays, aber auch die möglichen Vorteile sprachlicher Systeme müssten bei älteren Fahrern besonders deutlich werden. Ältere Fahrer sind im Straßenverkehr häufig überfordert, da die entsprechende Leistungsfähigkeit verringert ist (Schlag, 1993). Aus Sicht des Modells Multipler Ressourcen (1980, 2008) sind hier die einzelnen Ressourcen geringer, sodass Störungen entsprechend stärker ausfallen müssten. Damit ist die Gruppe der Senioren besonders gut geeignet, um derartige Systeme zu vergleichen. Hinzu kommt, dass durch den soziodemografischen Wandel immer mehr Senioren als Autofahrer aktiv bleiben (Broberg & Willstrand, 2014). Sie verfügen weiterhin über die notwendigen Mittel, entsprechende Informations- und Assistenzsysteme zu kaufen. Auch dies unterstützt die Idee, diese Systeme bei älteren Fahrern zu untersuchen.

Das Ziel dieser Untersuchung war es damit, zu überprüfen, ob Informationen schneller und besser erfasst werden können, wenn sie sprachlich dargeboten werden und ob die sprachliche Darbietung von Informationen im Vergleich zu akustisch-visuellen Darbietung das Fahren weniger stört. Aufgrund der besseren Verständlichkeit sprachlich dargebotener Information sollte es zudem möglich sein, die Reaktionen des Fahrers zu beschleunigen. Diese positiven Effekte sollten auch erlebt werden können und zu einer höheren Akzeptanz eines sprachlichen Systems führen. Da Senioren besonders sensitiv für entsprechende Effekte sein sollten, wurden für diesen Versuch ausschließlich Probanden über 65 Jahre eingeladen.

3.2. Methode

3.2.1. Stichprobe

An der vorliegenden Untersuchung nahmen insgesamt 54 Probanden teil, von denen drei den Versuch vorzeitig aufgrund einer Simulatorunverträglichkeit abbrechen mussten. Die endgültige Stichprobe bestand aus neun Frauen und 42 Männern im Alter von 65 - 85 Jahren ($M = 72.2$; $SD = 4.8$ Jahre), mit einem Führerscheinbesitz zwischen 38 und 67 Jahren ($M = 52.4$; $SD = 5.9$ Jahre). Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung lag bei 60 % der Stichprobe bei über 12000 km/Jahr. Laut eigener Angaben nutzen 86 % der Probanden ein Assistenzsystem in ihrem Fahrzeug und annähernd alle (90 %) gaben an, offen für technische Neuerungen zu sein.

3.2.2. Versuchsplan

Der Versuch war in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil des Versuchs wurde ein Between-Subject-Design verwendet (siehe Abbildung 13). Dabei war „Informationssystem“ (IS) die unabhängige Variable (UV) mit den Ausprägungen „kein Informationssystem – Baseline“ (BL), „visuelles Informationssystem“ und „sprachliches Informationssystem“. Jedes System wurde in vier Szenarien demonstriert und die entsprechenden Reaktionen gemessen. Die Zuordnung der Probanden zu den jeweiligen Bedingungen erfolgte zufällig.

| UV Informationssystem | Anzahl Probanden |
|---------------------------------|------------------|
| Kein Informationssystem (BL) | 16 |
| Sprachliches Informationssystem | 18 |
| Visuelles Informationssystem | 17 |

Abbildung 13: Grafische Darstellung des Versuchsdesigns des ersten Versuchsteils. Unabhängige Variable „Informationssystem“ mit den Ausprägungen „kein System“, „visuell“ und „sprachlich“.

Für einen individuellen Vergleich zwischen den beiden Informationssystemen (sprachlich vs. visuell) wurde im zweiten Teil des Versuchs ein Within-Subjekt-Design verwendet. Hierbei hatte die UV „Informationssystem“ die Ausprägungen „visuell“ und „sprachlich“ (Abbildung 14). Als Messsituation diente ein einzelnes Szenario, welches zunächst ohne

System durchfahren wurde. Im Anschluss wurde dieses Szenario sowohl mit dem sprachlichen, wie auch mit dem visuellen Informationssystem gefahren. Die Reihenfolge der beiden Systeme wurde dabei zufällig variiert (s. Abbildung 7).

| Kontrollfahrt ohne System | | Systemtyp | |
|---------------------------|-------------------|------------|------------|
| | | T1 | T2 |
| N = 51 | Gruppe 1 (n = 24) | sprachlich | visuell |
| | Gruppe 2 (n = 27) | visuell | sprachlich |

Abbildung 14: Grafische Darstellung des Versuchsdesigns (Cross-Over-Plan) des zweiten Versuchsteils. Unabhängige Variable „Informationssystem“ mit den Ausprägungen „visuell“ und „sprachlich“ in unterschiedlicher Reihenfolge in den beiden Gruppen.

3.2.3. Informationssysteme

Gegenübergestellt wurden zwei Arten der Informationsvermittlung. Bei dem visuellen Informationssystem wurden entsprechende Informationen in einem HUD dargestellt, was im Fahrsimulator durch eine Projektion auf die Leinwand simuliert wurde. Dies wurde mit einem sprachlichen Informationssystem verglichen, bei dem die Informationen über Lautsprecher sprachlich vermittelt wurden.

3.2.3.1. Visuelles Informationssystem

Für das visuelle Informationssystem wurden die Informationen mithilfe von modifizierten Verkehrszeichen umgesetzt. Wie in Abbildung 15 zu sehen, wurde hierfür auf einem Gefahrenzeichen ein Nutzfahrzeug schematisch dargestellt. Um zu vermitteln, ob es sich dabei um entgegenkommenden oder aber um vorausfahrenden Verkehr handelte, variierte die Darstellung zwischen Front- und Heckansicht des Fahrzeugs. Ferner wurde die Bewegungsrichtung (Ausschwenkrichtung) des Nutzfahrzeugs mittels eines Pfeils angezeigt. Diese Symbole wurden, analog zu einem HUD, in das zentrale Blickfeld des Fahrers projiziert. Um die Aufmerksamkeit des Fahrers auf das Informationssystem zu lenken, wurde als Signal ein Geräusch verwendet, welches sich deutlich von den heute geläufigen Warntönen bzw. Signalen der Warnassistenten unterscheidet. Als Geräusch diente ein „plopp“, ähnlich dem Benachrichtigungston eines bekannten Handymessengers,

und betrug 70db. Unmittelbar nach diesem Hinweiston erschien das jeweilige Symbol für 2.5 Sekunden auf der Projektionsfläche.



Abbildung 15: Darstellung der modifizierten Symbole des visuellen Informationssystems. Das linke Symbol zeigt ein entgegenkommendes, die übrigen ein vorausfahrendes Nutzfahrzeug. Der Pfeil zeigt die Ausschwenkrichtung des Fahrzeugs an.

3.2.3.2. Sprachliches Informationssystem

In der sprachlichen Variante des Informationssystems wurde die Information mittels kurzer und simpler Sätze vermittelt, welche ebenfalls Auskunft über Art des Nutzfahrzeugs, wie auch über seine Ausschwenkrichtung gaben. Dazu wurden im Vorfeld die Sprachaufnahmen „LKW schwenkt nach rechts aus.“ „LKW schwenkt nach links aus.“ und „Bus schwenkt nach links aus.“ von einer Sprecherin generiert. Da die am Satzanfang stehenden Informationen leicht vom Fahrer überhört werden können, wurde in der sprachlichen Bedingung die Information mit dem Wort „Hinweis“ angekündigt und so auch die gleiche Voraussetzung geschaffen, wie beim visuellen IS durch den Hinweiston. Es wurde auch überlegt, ob vermittelt werden sollte, dass es sich um ein entgegenkommendes oder vorausfahrendes Fahrzeug handelt. Diese Angabe hätte den Satz allerdings nicht unerheblich verlängert und damit auch die Dauer der kognitiven Verarbeitung, weshalb auf diese Angabe verzichtet wurde.

3.2.4. Szenarien

Dargestellt werden sollten Szenarien, in denen eine frühzeitige Information die Fahrer unterstützen kann, die Situation früh zu erkennen und ihr Verhalten so anzupassen, dass eine reibungslose und stressfreie Fahrt möglich ist.

Um eine möglichst realistische Gestaltung der Szenarien zu gewährleisten, wurde auf Untersuchungsergebnisse des Instituts für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (IMN) der

TU Braunschweig zurückgegriffen. Im ersten Schritt wurden zunächst LKWs und Busse zweier ortsansässiger Fahrschulen mit Kameras ausgerüstet und während diverser Fahrschulstunden Videomaterial erzeugt. Um die Verkehrssituationen möglichst detailliert zu erfassen und um ein Maximum an Informationen zu erhalten, wurden vier Kameras wie folgt am Fahrzeug angebracht. Wie in Abbildung 16 zu sehen, wurde eine Kamera im Innenraum mit Ausrichtung auf die Windschutzscheibe angebracht und zeigte das Fahr-geschehen vor dem Fahrzeug. Zwei weitere Kameras, jeweils in der Nähe des linken und rechten Außenspiegels angebracht, erfassten die Situation neben dem Fahrzeug, die vierte Kamera erfasste das Geschehen hinter dem Fahrzeug. Im zweiten Schritt wurden die Video-aufnahmen nach Situationen durchsucht, in denen es zu Begegnungen zwischen PKW und Nutzfahrzeugen kam, in denen nur durch Rücksichtnahme des PKW-Fahrers eine kritische Situation vermieden werden konnte. Durch einen technischen Defekt der Heckkamera konnte dieser Blickwinkel jedoch leider nicht in die Auswertung mit einbezogen werden.



Abbildung 16: Beispiel für die Aufzeichnungswinkel der am LKW angebrachten Videokameras. Oben Blick aus dem rechten und linken Außenspiegel, unten links Blick nach vorn. Unten rechts: Kamera mit Heckansicht ausgefallen (Quelle: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (IMN), TU Braunschweig).

Mit Hilfe des so entstandenen Videomaterials konnten verschiedene Situationen aus dem realen Verkehr im Simulator nachgestellt werden. Simuliert wurden fünf Szenarien (siehe Abbildung 17) in denen ein Nutzfahrzeug oder ein Bus aufgrund des fahrzeugbedingten größeren Wendekreises teilweise oder zur Gänze auf die Fahrspur des Egofahrzeugs

ausweichen musste. Dabei wurden die Szenarien derart gestaltet, dass der Fahrer die Situation frühzeitig erkennen konnte, demzufolge die Möglichkeit hatte, die Geschwindigkeit zu reduzieren und so dem Nutzfahrzeug bzw. Bus Raum für sein Fahrmanöver zu gewähren, wodurch die Situation unkritisch blieb.

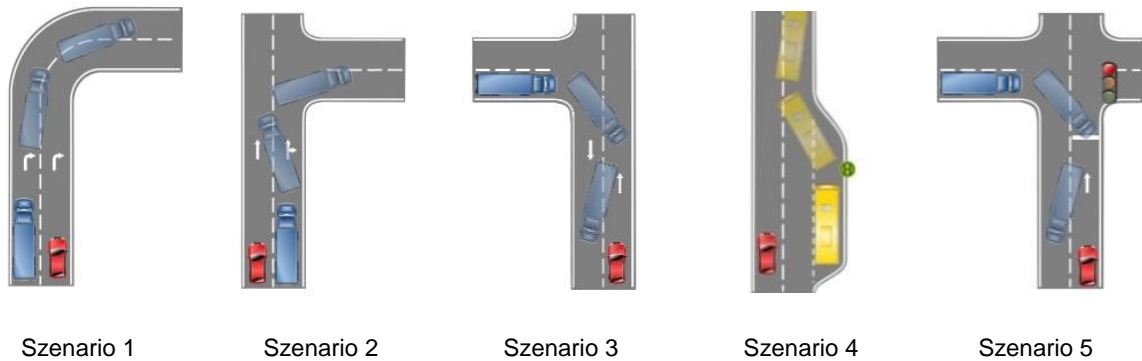


Abbildung 17: Schematische Darstellung der fünf Fahrszenarien. Szenario 1 - 4 waren Inhalt der ersten Versuchsfahrt, Szenario 5 Inhalt der zweiten Versuchsfahrt.

In Szenario 1 befährt das Egofahrzeug den rechten von zwei Abbiegerstreifen, ein LKW den linken Fahrstreifen. Aufgrund der engen Kurve muss der LKW auf den rechten Fahrstreifen ausschwenken, behindert so die Weiterfahrt des Egofahrzeugs, welches das Tempo verringern muss. Im zweiten Szenario befährt das Egofahrzeug den linken Fahrstreifen einer in beide Richtungen zweistreifigen Straße. Ein vor ihm auf dem rechten Fahrstreifen fahrender LKW biegt nach rechts in eine enge in jede Richtung einstreifige Straße ein. Zu Beginn des Abbiegevorgans bremst der LKW ab, schwenkt teilweise auf den rechten Fahrstreifen aus und zwingt so das geradeaus fahrende Egofahrzeug langsamer zu werden. Das dritte Szenario wurde mittels einer T-Kreuzung mit einem Fahrstreifen pro Fahrtrichtung realisiert. Der aus einer nach links abgehenden Seitenstraße in den Gegenverkehr einbiegender LKW schwenkt dabei auf den Fahrstreifen des Egofahrzeugs aus, sodass dieses gezwungen wird sein Tempo zu reduzieren. Im vierten Szenario befährt das Egofahrzeug eine Einbahnstraße mit zwei Fahrstreifen. Ein in der Haltebucht stehender Bus signalisiert mittels Fahrtrichtungsanzeiger dem herannahenden Fahrer ein Wiedereinreihen in den fließenden Verkehr. Aufgrund der Fahrzeugbeschaffenheit und der geringen Größe der Haltebucht schwenkt der Bus zum Teil auch auf den linken der beiden Fahrstreifen aus, sodass das Egofahrzeug zu einer Geschwindigkeitsreduktion gezwungen ist. Das fünfte

Szenario ähnelt im Straßenaufbau im Wesentlichen Szenario 3. Der bedeutende Unterschied ist eine Lichtsignalanlage, die bei der Annäherung durch das Egofahrzeug auf Rot schaltet und dieses gezwungen wird anzuhalten. Ein aus der linken Seitenstraße in die Gegenrichtung einbiegenden LKW schwenkt im Bereich der Kreuzung auf die Spur des Egofahrzeugs aus. Um eine Weiterfahrt des LKWs zu ermöglichen, muss der Fahrer das Fahrmanöver des LKWs rechtzeitig erkennen und das Egofahrzeug mit genügendem Abstand zur Haltelinie stoppen. Anderenfalls ist es dem LKW nicht möglich die Kreuzung zu verlassen. Die Szenarien 1 - 4 hatten innerhalb der Fahrten eine zufällige Reihenfolge, Szenario 5 wurde ausschließlich im zweiten Teil des Versuchs verwendet.

3.2.5. Fahrstrecke und Simulator

Eingebettet wurden die oben beschriebenen Szenarien in zwei Fahrten im innerstädtischen Bereich. Dabei beinhaltete die erste Strecke vier der in Abbildung 17 dargestellten Szenarien, die zweite Strecke nur das Szenario 5. Der umgebende Verkehr bestand aus gemischtem entgegenkommenden Verkehr. Der vorrausfahrende Verkehr beschränkte sich jedoch ausschließlich auf Nutzfahrzeuge.



Abbildung 18: Statischer Fahrsimulator des Lehrstuhls für Ingenieur- und Verkehrspsychologie der TU Braunschweig.

Durchgeführt wurde der Versuch in dem statischen Fahrsimulator des Lehrstuhls für Ingenieur- und Verkehrspsychologie der TU Braunschweig. Die Fahrgastzelle wurde mit

Fahrer- und Beifahrersitz, einer Motorhaube und diversen Monitoren, welche die Anzeigen der Armaturen und Spiegel ersetzen, nachempfunden. Die Bedienung des Fahrzeugs erfolgt über Lenkrad, Pedalerie und Gangschaltung. Die Simulation wurde mittels der Software SILAB unter zu Hilfenahme von Projektoren auf drei großen Leinwänden dargestellt und ermöglicht dem Fahrer so eine Sicht von 180° (siehe Abbildung 18).

3.2.6. Aufgabe

Die Aufgabe der Probanden war es, die Simulation mit Hilfe eines sprachlichen Navigationssystems zu durchfahren. Dabei sollten sich die Probanden so wirklichkeitsgetreu wie möglich verhalten. Während der Fahrt sollte besonderes Augenmerk auf die Szenarien, wie auch auf die Informationssysteme gelegt werden, um sie anschließend beurteilen zu können. Die Kontrollgruppe, die im ersten Teil des Versuchs von keinem System unterstützt worden war, hatte nur die Beurteilung der Szenarien zur Aufgabe.

3.2.7. Abhängige Variablen

3.2.7.1. Fahrdaten

Zur Analyse des Fahrverhaltens wurden folgende Fahrparameter ab dem Zeitpunkt der Informationsausgabe gemessen. Die Zeit bis zum Loslassen des Gaspedals (Gasrücknahmezeit), die Reaktionszeit bis zur Betätigung des Bremspedals (Bremsreaktionszeit) und der dabei entstandene maximale Bremsdruck. Der Zeitpunkt der Informationsausgabe wurde in Abhängigkeit von der Entfernung des Egofahrzeugs zum Nutzfahrzeug bestimmt und diente damit auch in der Kontrollbedingung als Startpunkt der Messung.

3.2.7.2. Subjektive Bewertung

Im Anschluss an die erste Fahrt wurden die Probanden gebeten, die vier Szenarien im Hinblick auf deren Kritikalität, sowie auf die Wahrscheinlichkeit dieser Szenarien im realen Verkehr zu beurteilen. Zusätzlich sollte beurteilt werden, wie hilfreich und wie störend das jeweils erlebte IS war. Im Fall der Kontrollgruppe, die keine Informationen während der Fahrt zur Verfügung hatte, wurde erfragt, wie hilfreich ein IS in den Szenarien gewesen wäre. Die Bewertung erfolgte anhand einer fünfstufigen Likert-Skala.

Auch im Anschluss an die zweite Fahrt, in der die beiden Systeme direkt verglichen werden konnten, wurden die Probanden gebeten, ihren subjektiven Eindruck wiederzugeben. Hier wurde zusätzlich zu den auch im ersten Fragebogen erfassten Inhalten die Verständlichkeit der vermittelten Informationen erfragt. Darüber hinaus wurde auch festgehalten, inwiefern sich die Probanden an Einzelheiten der zwei Systeme erinnern konnten. Im Falle des visuellen Informationssystems wurden dafür Skizzen von den Probanden angefertigt. Des Weiteren wurden die Probanden gefragt, ob und für welches der Systeme sie sich entscheiden würden, sowie um Verbesserungsvorschläge gebeten.

Die subjektive Bewertung der Szenarien, der Informationen und der Informationssysteme, wie auch deren unmittelbarer Vergleich erfolgte mittels einer fünfstufigen Likert-Skala (vgl. Abbildung 19). Eine Ausnahme bildete die Wahrscheinlichkeit der Szenarien im realen Verkehr. Hierbei bedienten sich die Probanden einer zehnstufigen Prozentskala (Abbildung 20).

Wie **hilfreich** waren die Informationen insgesamt?

| | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|
| gar nicht hilfreich | wenig hilfreich | etwas hilfreich | hilfreich | sehr hilfreich |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|

Abbildung 19: Beispiel-Item des subjektiven Fragebogens zur Beurteilung der Informationssysteme.

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie diese Situationen auch in Ihrem Alltag erleben würden?

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|

Abbildung 20: Beispiel-Item des subjektiven Fragebogens zur Beurteilung der Szenarien hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit in realen Verkehr.

3.2.8. Durchführung

Nach der Begrüßung wurde den Probanden zunächst eine Einwilligungserklärung und im Anschluss daran ein demografischer Fragebogen vorgelegt. Es folgten eine schriftliche Instruktion zur Trainingsfahrt und eine mündliche Einweisung in den Fahrsimulator. Anschließend konnten sich die Probanden während einer zehnminütigen Trainingsfahrt mit der Bedienung des Fahrsimulators, wie auch mit der Darstellung der Simulation vertraut machen. Nach einer fünfminütigen Pause wurde den Probanden eine Instruktion für die erste

Testfahrt (Szenario 1 – 4) vorgelegt. Diese variierte dabei in Abhängigkeit vom Vorhandensein und Art des Informationssystems. Nach Sicherstellung, dass der Proband alles richtig verstanden hatte und nach Klärung etwaiger Fragen, begann der Proband mit Testfahrt 1. Die Befragung zu den soeben durchfahrenen Szenarien und/oder des erlebten Informationssystems wurde mündlich durchgeführt. Dafür blieb der Proband im Simulator sitzen und bekam die für die Bewertung notwendigen Skalen und die schematischen Darstellungen der Szenarien als Ausdruck vorgelegt. Es folgte eine mündliche Instruktion für den zweiten Versuchsteil und die Testfahrt 2. Dabei durchfuhren die Probanden das Szenario 5 zunächst ohne IS und anschließend jeweils mit dem visuellen und dem sprachlichen IS in zufälliger Reihenfolge. Als nächstes erfolgte die schriftliche Bewertung des Szenario 5 sowie der beiden Informationssysteme. Zusätzlich wurden die, von den Informationssystemen vermittelten Inhalte abgefragt. Im Falle des visuellen IS wurden Zeichnungen angefertigt. Abschließend wurden die Probanden „vergütet“ und verabschiedet. Der Versuch dauerte insgesamt 45 Minuten.

3.3. Ergebnisse

3.3.1. Subjektive Befragung

3.3.1.1. Szenario 1 bis 4

Mit Hilfe der subjektiven Urteile über Alltäglichkeit und Kritikalität der Szenarien der ersten Fahrt wurde zunächst überprüft, ob diese die erforderlichen Kriterien, also unkritisch und alltäglich zu sein, erfüllen. Die Auswertung ergab, dass 28 Probanden ($N = 51$) die Wahrscheinlichkeit dieser Szenarien im alltäglichen Straßenverkehr mit 80 % und höher einschätzten (s. Tabelle 12). Weiterhin beurteilten 59 % der Probanden die Szenarien eins bis vier als „gar nicht kritisch“. Dieses Urteil war unabhängig vom Vorhandensein oder Art des Informationssystems. (BL = 63%, visuelles IS = 59 % und sprachliches IS = 56 %; $\chi^2 = .449, p = .799$).

Für die Auswertung wurden zunächst beide Informationssysteme zusammengefasst und mit der Kontrollfahrt ohne System (BL) verglichen. Im Anschluss wurden die beiden Systeme miteinander verglichen.

Tabelle 12: Subjektive Bewertung der Kritikalität der Situationen 1 – 4.

| Urteil | Gesamt | | Baseline | | visuelles IS | | sprachliches IS | |
|--------------------|--------|------|----------|------|--------------|------|-----------------|------|
| | N | % | N | % | N | % | N | % |
| gar nicht kritisch | 30 | 58.8 | 10 | 62.5 | 10 | 58.8 | 10 | 55.6 |
| etwas kritisch | 19 | 37.3 | 6 | 37.5 | 7 | 41.2 | 6 | 33.3 |
| mittel kritisch | 2 | 3.9 | - | - | - | - | 2 | 11.1 |
| Summe | 51 | 100 | 16 | 100 | 17 | 100 | 18 | 100 |

Für den Vergleich der Nützlichkeit beider Informationssysteme (Abbildung 21, links) wurde die Bewertung der Frage „Wie hilfreich war das Informationssystem?“ aus den Experimentalgruppen mit der Frage „Wie hilfreich wäre eine Information zum Verhalten der Nutzfahrzeuge?“ aus der Kontrollgruppe verglichen. Probanden der Experimentalgruppen ($M_{IS} = .43$) beurteilten das IS als signifikant nützlicher ($U = 183.5$; $p = .043$; $r = .34$) als die Probanden der Kontrollbedingung ($M_{BL} = 2.75$). Der Vergleich beider Systeme zwischen den Experimentalgruppen ($M_{VIS} = 3.12$, $M_{SIS} = 3.72$) zeigt keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Nützlichkeit auf ($U = 105.5$; $p = .106$; $r = .27$). Die Probanden mit sprachlichem IS bewerten dieses jedoch deutlich häufiger als „sehr hilfreich“ (33 %) als jene, die vom visuellen System (6 %) unterstützt wurden (siehe Abbildung 21, rechts).

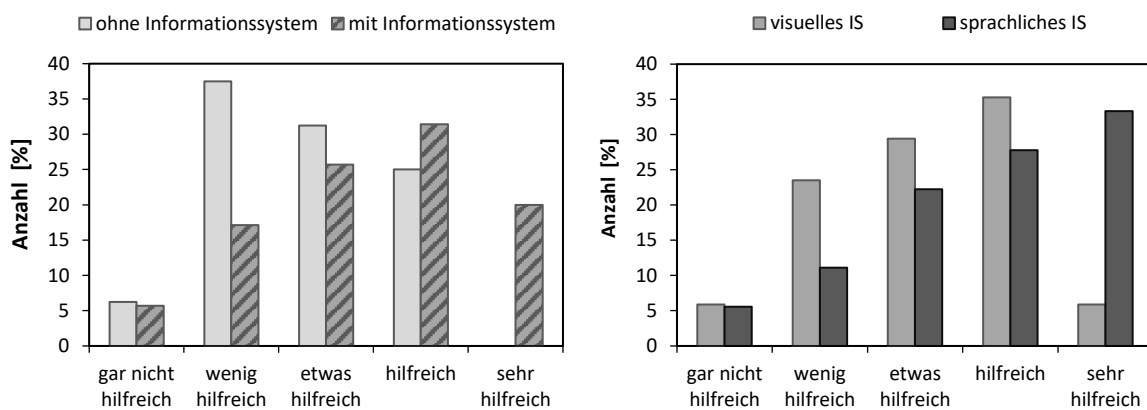


Abbildung 21: Nützlichkeit-Vergleich mit und ohne System (links). Vergleich beider Informationssysteme (rechts).

Insgesamt bewerteten die Probanden das IS als „gar nicht störend“ (40 %) bis „wenig störend“ (43 %), wobei Probanden, die durch das visuelle IS ($M_{VIS} = 2.00$) unterstützt

wurden, dieses tendenziell als störender empfanden im Vergleich zu der Systembewertung der sprachlich ($M_{sIS} = 1.56$) unterstützten Probanden ($U = 101$; $p = .063$; $r = .31$).

3.3.1.2. Szenario 5

Bei dem direkten Vergleich der beiden Systeme in Szenario 5 zeigte sich zunächst, dass auch dieses Szenario den Anforderungen entsprach. Es wurde von den Probanden sowohl als unkritisch wie auch als alltäglich bewertet. So haben 58 % der Probanden das Szenario als „gar nicht kritisch“ bewertet. Des Weiteren bewerteten 29 der 48 Probanden die Alltäglichkeit dieses Szenarios mit 80 % bis 100 %.

Beim Vergleich beider Systeme hinsichtlich der Nützlichkeit, wurde das sprachliche System ($M_{sIS} = 3.62$) als signifikant hilfreicher als das visuelle System ($M_{vIS} = 3.00$) beurteilt ($Z = -3.592$; $p < .001$; $r = .52$). Wie in Abbildung 22 zu sehen, wurde das sprachliche IS von 61 % der Probanden als „hilfreich“ bzw. „sehr hilfreich“ bewertet, das visuelle IS hingegen nur von 34 % der Probanden.

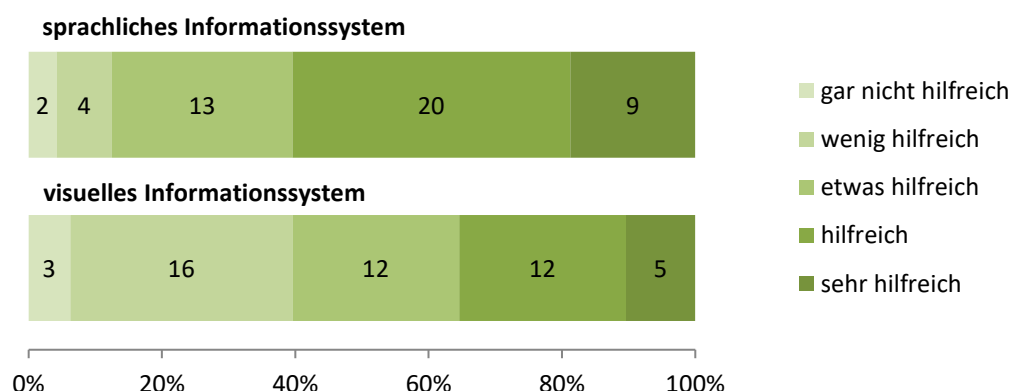


Abbildung 22: Vergleich der Nützlichkeitsbewertung beider Informationssysteme im Anschluss an Szenario 5.

Weiter wurde das sprachliche System ($M_{sIS} = 4.27$) als signifikant verständlicher beurteilt als das visuelle Pendant ($M_{vIS} = 3.27$; $Z = -4.230$; $p < .001$; $r = .61$). Wie in Abbildung 23 zu sehen, wurde das visuelle IS dabei deutlich häufiger als „schlecht“ bis „sehr schlecht“ verständlich beurteilt. Dies zeigt sich auch in der Erinnerungsleistung bezüglich der Details beider Systeme. Die sprachlich dargebotenen Informationen konnten deutlich besser erinnert werden. So gaben 96 % der Probanden den genannten Fahrzeugtyp (LKW) und die Bewegungsart (ausschwenken) korrekt wieder. Die Bewegungsrichtung konnten 71 %

richtig wiedergeben. Im Vergleich dazu waren nur 50 % der Probanden in der Lage die Form des Symbols und den abgebildeten Fahrzeugtyp korrekt wiederzugeben. An die dargestellte Pfeilrichtung erinnerten sich lediglich 40 % der Probanden.

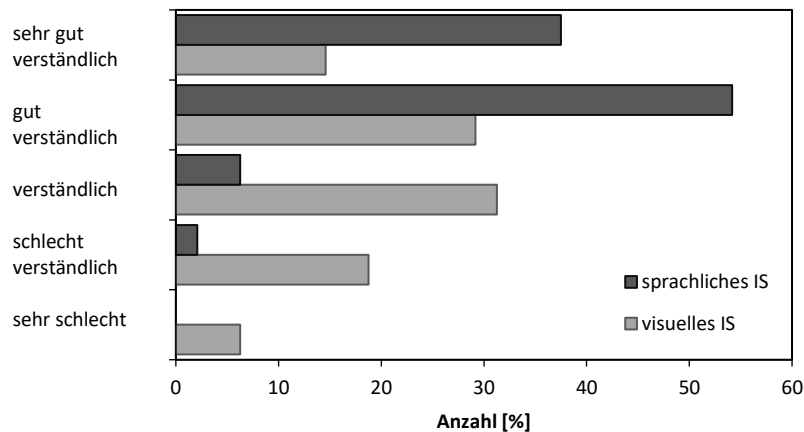


Abbildung 23: Vergleich der Verständlichkeit beider Informationssysteme im Anschluss an Szenario 5.

Insgesamt wurden die Informationssysteme im Allgemeinen als „wenig“ bis „gar nicht“ störend empfunden. Lediglich sechs der 51 Probanden äußerten, die Informationen seien „etwas“ störend gewesen.

Nach dem Informationssystem ihrer Wahl befragt, entschieden sich 54 % der Probanden für das sprachliche IS, 29 % für das visuelle IS und 13 % für keines der beiden Systeme. Diese Wahl war unabhängig davon, ob die Probanden im ersten Teil des Versuchs ein IS zur Verfügung hatten bzw. welches der beiden Systeme ($\chi^2 = 1.220$, $p = .976$).

3.3.2. Fahrdaten

Als wesentliche Verhaltensaspekte der Reaktion auf die Informationen wurden Gasrücknahmezeit, Bremsreaktionszeit und maximaler Bremsdruck gemessen und zwischen den Bedingungen (Kontrollfahrt, visuelles IS und sprachliches IS) verglichen. Aufgrund einer Schiefverteilung der Daten wurde zur Auswertung der Kruskal-Wallis-Test herangezogen.

Wie aus Tabelle 13 zu entnehmen ist, konnten in den Szenarien eins bis vier keine Haupteffekte für die drei Variablen Bremsreaktionszeit, maximaler Bremsdruck und Gasrücknahmezeit nachgewiesen werden.

Tabelle 13: Darstellung der Haupteffekte der Variablen Bremsreaktion, maximaler Bremsdruck und Gasrücknahmezeit für die Szenarien 1 – 4.

| Variable | Szenario | χ^2 | df | p |
|-----------------------------|----------|----------|----|------|
| Bremsreaktionszeit | S01 | 4.127 | 2 | .127 |
| | S02 | .194 | 2 | .908 |
| | S03 | .339 | 2 | .844 |
| | S04 | 1.820 | 2 | .402 |
| maximaler Bremsdruck | S01 | 4.905 | 2 | .086 |
| | S02 | .319 | 2 | .852 |
| | S03 | 1.960 | 2 | .375 |
| | S04 | 3.095 | 2 | .213 |
| Gasrücknahmezeit | S01 | 2.730 | 2 | .255 |
| | S02 | 1.344 | 2 | .511 |
| | S03 | .027 | 2 | .986 |
| | S04 | 2.153 | 2 | .341 |

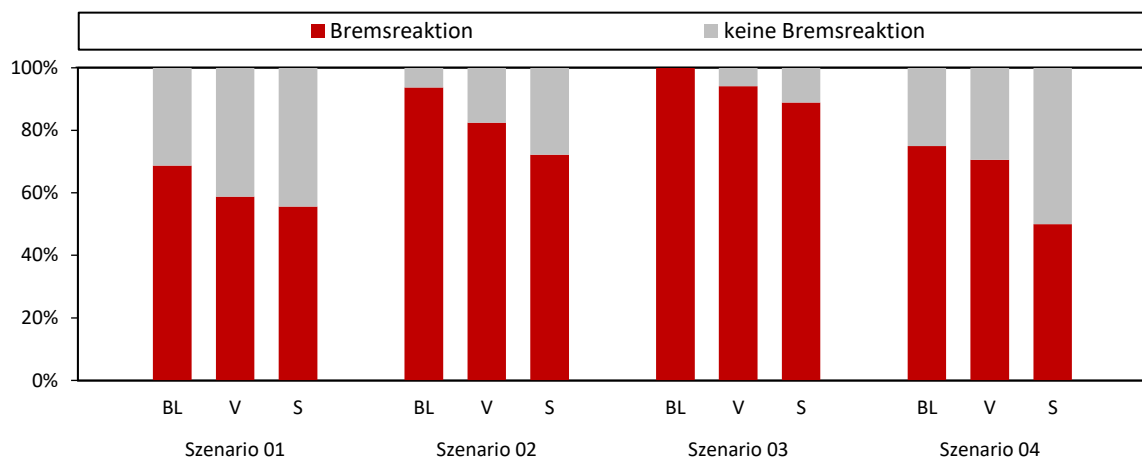


Abbildung 24: Anzahl von Bremsreaktionen gruppiert nach Szenario und Bedingung.

Hinsichtlich der Art der Reaktion wurde untersucht, wie viele Probanden in den verschiedenen Situationen bremsten. Zunächst wurde die Variable Bremsreaktionszeit dichotomisiert (Bremsreaktion ja/nein) und anschließend mittels Chi-Quadrat-Test analysiert. Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse. Hier erkennt man zunächst geringe Unterschiede zwischen den Situationen. Weiter ist zu erkennen, dass mit sprachlicher Warnung am wenigsten Bremsreaktionen auftraten. Um dies zu prüfen, wurde pro Proband die Anzahl

der Bremsreaktionen in den vier Situationen berechnet (1 – 4) und dann mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse verglichen. Zwar konnte kein Haupteffekt gefunden werden ($F_{(2;48)} = 1.186$; $p = 1.174$), jedoch zeigt sich post-hoc im Einzelvergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Gruppe mit sprachlichem IS eine Tendenz von $p = .064$.

3.4. Diskussion

Ziel der Studie war es, zu untersuchen, in wieweit insbesondere ältere Fahrer Informationen zum Verkehrsgeschehen in unkritischen Situationen als wünschenswert empfinden und ob diese Informationen sprachlich dargeboten als nützlicher im Vergleich zu visuell dargebotenen Informationen beurteilt werden. Des Weiteren sollte der Einfluss von sprachlichen Informationen auf das Fahrverhalten älterer Fahrer im Vergleich zu visuellen Informationen oder keinen Informationen untersucht werden.

Bei der Gestaltung der Szenarien galt es zwei Voraussetzungen zu erfüllen. Zum einen sollten die Szenarien alltägliche, also auch hinreichend bekannte Verkehrssituationen realitätsnah wiedergeben. Zum anderen sollten die vom System ausgegebenen Informationen so frühzeitig erfolgen, dass für den Fahrer nicht der Eindruck einer Warnung mit sofortigem Handlungsbedarf entsteht. Die Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung belegen, dass alle im Versuch verwendeten Szenarien von einem Großteil der Probanden sowohl als alltäglich wie auch als unkritisch empfunden wurden und somit den Anforderungen entsprachen.

Die in der vorliegenden Studie durchgeführten Fahrversuche zeigten keinen deutlichen Effekt im Fahrverhalten. Dies mag auch durch die Gestaltung der Szenarien bedingt sein, die unkritisch sein sollten. Es führt aber auch dazu, dass keine schnellen und starken Bremsreaktionen, bei denen man möglicherweise einen Effekt hätte messen können, notwendig waren. Tendenziell zeigte sich allerdings, dass mit sprachlicher Information am wenigsten gebremst wurde. Dies könnte man in der Weise interpretieren, dass die sprachliche Information am besten in der Lage war, ein frühzeitiges Verständnis der Situation zu vermitteln.

Zwischen den beiden Informationssystemen konnte nach der ersten Fahrt zwar noch kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden, allerdings wurde das sprachliche System deutlich häufiger mit „sehr hilfreich“ bewertet (33 %) als das visuelle System (6 %). Dieser

Unterschied konnte jedoch nachdem alle Probanden im fünften Szenario beide Systeme kennenlernen konnten sehr wohl nachgewiesen werden. Das sprachliche System wurde im Anschluss an die zweite Fahrt von 60 % der Probanden als „hilfreich“ bzw. „sehr hilfreich“ bewertet. Dies bedeutet auch, dass Probanden der Kontrollbedingung, welche zunächst die Nützlichkeit eines solchen Informationssystems nicht gesehen haben, nach dessen Gebrauch ihre Meinung im speziellen zu Gunsten des sprachlichen Informationssystems geändert haben.

Neben der Nützlichkeit wurde ebenfalls erfragt als „wie störend“ die Probanden das Informationssystem während der ersten Fahrt empfanden. Lediglich 4 % der Probanden fühlten sich durch das IS gestört. Zwar konnten zwischen den Informationssystemen keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, jedoch wird das sprachliche System tendenziell als weniger störend empfunden als das visuelle System.

Hinsichtlich der Verständlichkeit zeigt der direkte Vergleich beider Systeme mit allen Probanden im Anschluss an das fünfte Szenario, dass das sprachliche System, wie angenommen, als besser verständlich beurteilt wird. Obwohl zum Teil mehrfach gesehen, ist die Erinnerungsleistung bei den Komponenten des verwendeten Symbols deutlich schlechter als bei den im sprachlichen IS verwendeten Sätze. Während sich nur die Hälfte der Probanden an das dargestellte Symbol oder Fahrzeug erinnern konnten, waren fast alle von ihnen in der Lage den genannten Fahrzeugtyp und das Fahrmanöver korrekt wiederzugeben.

Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in der Wahl des Informationssystems seitens der Probanden wieder. Über die Hälfte von ihnen würde sich für das sprachliche System entscheiden und das unabhängig von dem im ersten Versuchsteil erlebten Informationssystem. Hier zeigt sich auch der allgemeine Wunsch nach derlei Informationen zum Fahrgeschehen, denn nur wenige der Probanden würden keines der Systeme nutzen wollen.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die vom sprachlichen IS gelieferten Hinweise in unkritischen Situationen auf große Zustimmung seitens der älteren Fahrer treffen, sofern sie relevante Aspekte beinhalten und so die unkritischen Situationen weiterhin unkritisch bleiben ohne die ohnehin hohe Beanspruchung der Fahrer seitens der Fahraufgabe zu erhöhen. Damit bestätigt die Untersuchung die Überlegungen des Multiple Ressourcen Modells von Wickens (1980, 2008). Die doch etwas höhere Belastung durch das Head-Up-Display mit Nutzung der visuellen Modalität und zumindest teilweise räumlichen

Informationen erscheint störender als das rein sprachliche System, das keine Interferenzen hervorruft.

Eine Einschränkung für das sprachliche System wären sicherlich Fahrten mit Beifahrer. So könnten Informationen die sprachlich ausgegeben werden, als störend oder als Unterbrechung empfunden werden, oder gar überhört werden, wie im Fall von Navigationssystemen. Zum einen wäre also zu prüfen, ob die Ergebnisse in ähnlicher Weise auch bei Fahrten mit Beifahrern zu finden sind. Zum anderen sollte auch für diese Situation eine Lösung gefunden werden, da es sich es sich ja um wichtige Informationen handelt, welche zum sicheren Fahren beitragen. Denkbar wäre es, ein Gespräch zwischen Fahrer und Beifahrer von seitens des Systems zu erkennen und in diesem Fall auf visuelle Informationen zurückzugreifen. Wenn dann das Gespräch unterbrochen wird, könnte eine sprachliche Erklärung zu den visuellen Informationen folgen.

Interessant wäre weiterhin zum einen zu überprüfen, ob diese Art der Informationen das Gefühl der Sicherheit der älteren Fahrer positiv beeinflussen, das Autofahren stressfreier gestaltet und so die Mobilität dieser Fahrer erhöhen. Zum anderen, ob diese Informationen auch für andere Fahrergruppen hilfreich wären und auf eine ebenso hohe Akzeptanz treffen würden. Des Weiteren wäre eine Erweiterung der Anwendungsgebiete durchaus vorstellbar. Es könnten nicht nur Informationen über die Fahrmanöver von Bussen oder Nutzfahrzeugen gegeben werden. So könnten gleichermaßen Informationen über endende Fahrradwege, Ein- und Ausfahrten bei Baustellen oder über Fußgängerverhalten gemacht werden.

4. Studie 2

4.1. Einleitung

Der Theorie Multipler Ressourcen von Wickens (1980, 2008) zu Folge beeinträchtigen vor allem die Nebentätigkeiten die Leistung beim Fahren, die dieselben Ressourcen benötigen. Entsprechend zeigte auch das Literaturreview, dass Nebentätigkeiten mit visueller Informationsaufnahme und motorischen Reaktionen besonders stark mit dem Fahren interferieren. Eine Konsequenz aus der Theorie und diesen Befunden ist es, Nebentätigkeiten mit akustischen Informationen und Sprachbedienung beim Fahren als sicher einzustufen. Entsprechend ist es z.B. in Deutschland erlaubt, beim Fahren mittels Freisprechanlage zu telefonieren.

Allerdings wird dabei nicht beachtet, dass das Fahren in bestimmten Situationen neben visueller Informationsaufnahme und motorischen Reaktionen auch kognitive Informationsverarbeitung beinhaltet (im Modell von Wickens „Kognition“). Visuell-sprachliche Nebentätigkeiten, welche ebenfalls hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitung stellen, könnten dann in genau dieser Art von Situationen zur Interferenz mit der Fahraufgabe führen. Es stellt sich somit die Frage, ob und wie stark nicht-visuell-motorische, aber kognitiv beanspruchende Nebenaufgaben die Fahrleistung beeinflussen.

Diese Überlegungen sollten in der zweiten Studie im Fahrsimulator geprüft werden. Damit stellen sich zwei Anforderungen an diese Studie:

- Es werden akustisch-sprachliche (weil nicht-visuell-motorische) Nebenaufgaben benötigt, die gleichzeitig hohe Anforderungen an die kognitive Informationsverarbeitung stellen.
- Es werden Fahrsituationen benötigt, bei denen eine gute Leistung ebenfalls eine hohe kognitive Anforderung an die Informationsverarbeitung voraussetzen.

Im Hinblick auf den zweiten Aspekt wurden Szenarien entwickelt, die sich durch zwei Kriterien unterscheiden. Entsprechend dem Konzept des Situationsbewusstseins von Endsley (1995) sind die kognitiven Anforderungen dann am größten, wenn antizipiert werden soll, wie sich die jetzige (Fahr-) Situation weiterentwickelt (dritte Stufe des Situationsbewusstseins). Entsprechend wurden Situationen ausgewählt, bei denen Antizipation wichtig oder weniger wichtig ist. Dabei ging es um die Antizipation des Verhaltens der anderen Verkehrsteilnehmer. Ein zweiter Aspekt der kognitiven Beanspruchung ist die aktive Suche von Informationen. Entsprechend wurden Situationen gesucht, in denen der

Fahrer relevante Informationen direkt im zentralen Blickfeld vor sich hat und andere, in denen relevante Informationen in der Peripherie liegen, was eine aktive Informationssuche erfordert.

Im Hinblick auf den zweiten Aspekt wurde eine Nebenaufgabe mit hohen visuell-motorischen Anforderungen mit einer akustisch-sprachlichen Nebenaufgaben verglichen, die gleichzeitig kognitiv hoch beanspruchend ist. Als visuell-motorische Aufgabe wurde eine standardisierte visuelle Suchaufgabe verwendet (Surrogate Reference Task SuRT; Mattes & Hallén, 2009). Als akustisch-sprachliche Aufgabe wurde eine sog. „Farbfolge-Aufgabe“ ausgewählt.

Bei der Surrogate Reference Task werden sowohl bei der Informationsaufnahme wie auch bei der Verarbeitung räumlich-visuelle Ressourcen beansprucht. Die Reaktion erfolgt motorisch-räumlich. Demzufolge sollte, wie in Abbildung 25 dargestellt, die gleichzeitige Bearbeitung der SuRT neben der Fahraufgabe zu Interferenzen in allen drei Verarbeitungsstadien und somit zu deutlichen Leistungseinbußen beim Fahren führen.

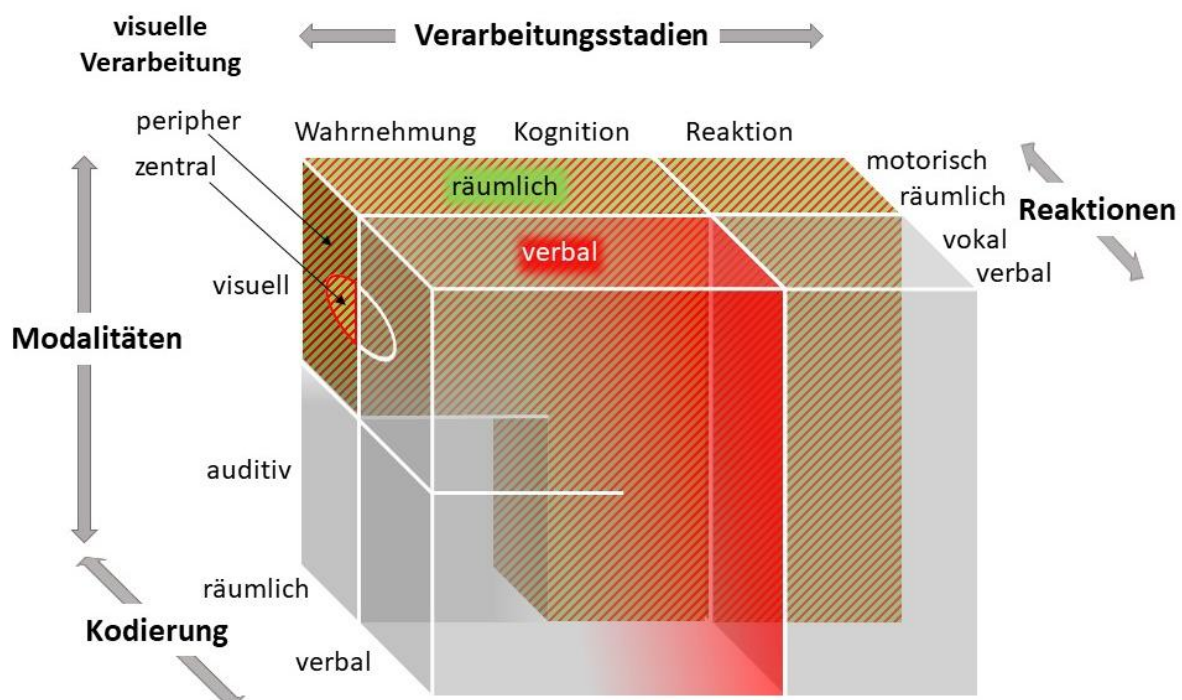


Abbildung 25: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren und der Bearbeitung von SuRT als Zweitaufgabe (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

Im Unterschied dazu wurde als zweite Nebenaufgabe die Farbfolge-Aufgabe gewählt. Hier erfolgt die Informationsaufnahme auditiv-verbal, die Reaktion vokal-verbal. Da diese Ressourcen, ausgehend vom Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (1980, 2008), weitestgehend unerheblich für das Autofahren sind, ist in diesen Verarbeitungsstadien nicht von Leistungseinbußen auszugehen. Allerdings ist die Farbfolge-Aufgabe räumlich-kognitiv stark beanspruchend und hat eine doppelte Beanspruchung der kognitiven Ressource zur Folge, die zusammen mit dem Autofahren zu Interferenzen führt (Abbildung 26).

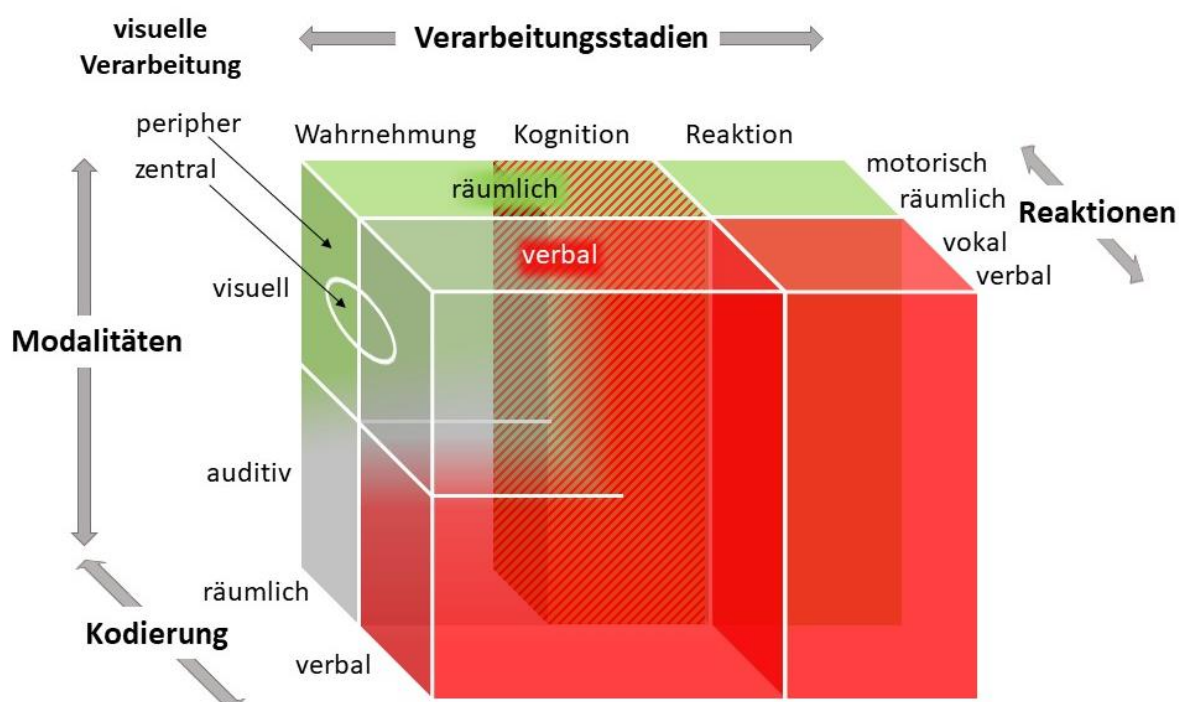


Abbildung 26: Dargestellt sind die jeweilig beanspruchten Ressourcen beim Autofahren (grün) und der Bearbeitung der Farbfolge-Aufgabe als Zweitaufgabe (rot), sowie erwartete Interferenzen (Schraffur) als Folge der Doppelaufgabenperformanz im Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (2008).

Das wesentliche Ziel der Untersuchung war, zu prüfen, ob durch eine Interferenz im Bereich der Kognition zumindest bei bestimmten Arten von Fahraufgaben, die ebenfalls hohe Anforderungen an die Kognition stellen, auch akustisch-sprachliche Nebentätigkeiten die Leistung beim Fahren beeinträchtigen können. Dies sollte mit den Effekten einer visuell-motorischen Nebentätigkeit in denselben Fahrsituationen verglichen werden. Dadurch ergaben sich folgende Hypothesen:

- (1) Eine akustisch-sprachliche Nebentätigkeit mit hohen Anforderungen an die Kognition führt in Fahrsituationen, die Antizipation erfordern oder bei denen eine aktive Informationssuche in der Peripherie notwendig ist, zu stärkeren Beeinträchtigungen in der fahrerischen Leistung als in Fahrsituationen bei denen keine Antizipation erforderlich ist und die Informationen im zentralen Blickbereich liegen.
- (2) Im Gegensatz dazu führt eine visuell-motorische Nebentätigkeit insgesamt zu stärkeren Beeinträchtigungen der fahrerischen Leistung, wobei der Unterschied am stärksten bei Fahrsituationen ist, bei denen keine Antizipation erforderlich ist und die Informationen im zentralen Blickbereich liegen, da hier nur sehr wenige Interferenzen bei der akustisch-sprachlichen Nebentätigkeit zu erwarten sind.

4.2. Methode

4.2.1. Stichprobe

An der vorliegenden Studie haben 72 Probanden, davon 34 Frauen, im Alter zwischen 20 und 30 Jahren ($M = 23.4$ Jahre, $SD = 2.4$ Jahre) teilgenommen. Bei 70 der Probanden handelte es sich um Studierenden der TU-Braunschweig. Teilnahmevoraussetzung war ein Führerscheinbesitz von mindestens zwei Jahren und eine regelmäßige Fahrzeugnutzung. Der Führerscheinbesitz lag im Durchschnitt bei 5.2 Jahren ($SD = 2.4$ Jahre).

4.2.2. Versuchsplan

Für das vorliegende Experiment wäre eigentlich ein dreifaktorielles gemischtes Design ($3 \times 2 \times 2$) angemessen gewesen, wie es in Abbildung 27 gezeigt ist. Dabei ist *Nebenaufgabe* der erste Faktor, mit den Ausprägungen *Kontrollfahrt* ohne Nebenaufgabe (Baseline, BL), *SuRT* (visuell-motorisch beanspruchende Nebenaufgabe) und *Farbfolge* (akustisch-sprachliche Nebenaufgabe mit hohen Anforderungen an die Kognition). Der zweite Faktor wäre der *Situationstyp* mit den Ausprägungen *vorhersehbar* und *unvorhersehbar*, der dritte Faktor die *Lokalisation der Informationen* mit den Ausprägungen *peripher* und *zentral*. Um diesen zweiten und dritten Faktor aber so zu realisieren, wäre es notwendig gewesen, Fahr-szenarien zu finden, die gänzlich vergleichbar sind, sich aber in der Ausprägung der Vorhersehbarkeit oder Lokalisation unterscheiden. Besonders diese Ausprägungen machen aber die Situationen sehr unterschiedlich, sodass sich alleine dadurch Unterschiede in den

Verhaltensmaßen ergeben. Aus diesem Grund wurde ein anderer Ansatz gewählt. In vier Arten von Situationen (vorhersehbar/peripher, vorhersehbar/zentral, unvorhersehbar/peripher und unvorhersehbar/zentral) wurden jeweils die drei Gruppen mit unterschiedlichen Nebenaufgaben verglichen. Für jede der vier Arten von Situationen wurden zwei Ausprägungen konstruiert, sodass jeder Proband acht Situationen in zufälliger Reihenfolge durchfuhr.

| Situationstyp/ Lokalisation | vorhersehbar | | unvorhersehbar | |
|--------------------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| | peripher | zentral | peripher | zentral |
| Nebenaufgabe | | | | |
| BL (n = 24) | | | | |
| SuRT (n = 24) | Szenario 1/2 | Szenario 3/4 | Szenario 5/6 | Szenario 7/8 |
| Farbfolge (n = 24) | | | | |

Abbildung 27: Grafische Darstellung des Versuchsdesigns mit den unabhängigen Variablen „Nebenaufgabe“ (BL, SuRT, Farbfolge), „Situationstyp“ (vorhersehbar/unvorhersehbar) und „Lokalisation“ (peripher/zentral).

4.2.3. Szenarien

Entwickelt wurden Szenarien, in denen andere Verkehrsteilnehmer sich so verhalten, dass der Fahrer im Simulator reagieren musste, um eine Kollision zu vermeiden. Die Position dieser anderen Verkehrsteilnehmer zu Beginn des Szenarios wurde entsprechend dem dritten Faktor entweder peripher oder zentral gewählt. Zudem wurden die Szenarien so gestaltet, dass das Verhalten antizipierbar war oder nicht. Bei allen Szenarien handelte es sich um Straßen im urbanen Raum mit einem Fahrstreifen pro Fahrtrichtung und moderatem Verkehr. Im Einzelnen wurde dies wie folgt realisiert (vgl. Abbildung 28):

Szenario 1 und 2 stellten vorhersehbare Verkehrssituationen dar, die sich im peripheren Blickfeld des Fahrers abspielten. Im ersten Szenario näherte sich das Egofahrzeug einem, in einer Haltebucht stehenden, Linienbus. Die aktivierte Fahrtrichtungsanzeige ließ die Handlungsabsicht erkennen, die Haltebucht verlassen zu wollen, weshalb das Szenario antizipierbar war. Da sich der Bus abseits der Fahrbahn befand, ist dieses Szenario als peripher zu bewerten.

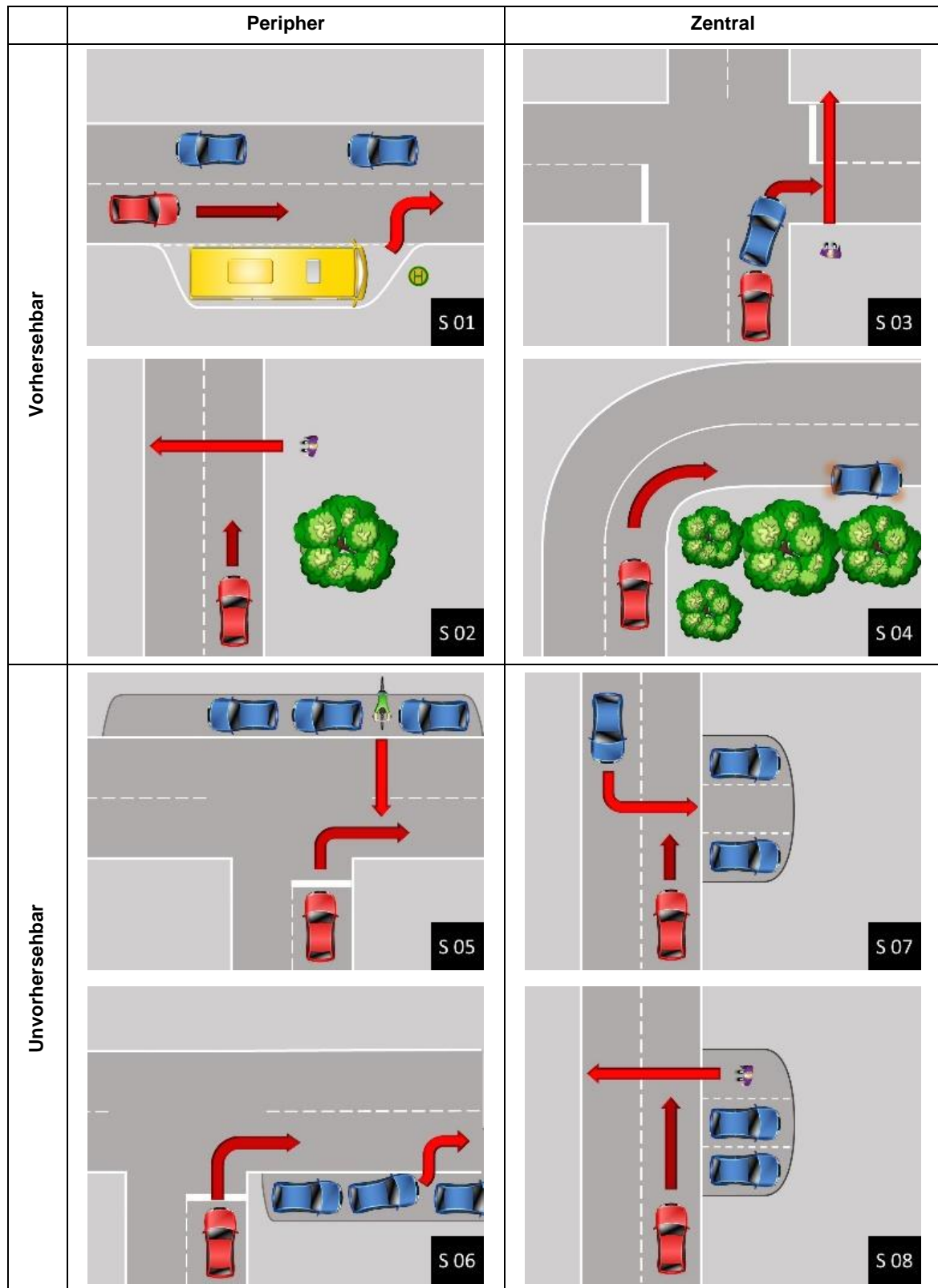


Abbildung 28: Schematische Darstellung der Szenarien 1 – 8. Dabei sind die Szenarien 1 – 4 vorhersehbar, wobei Szenario 1 und 2 vorhersehbar-peripher und Szenario 3 und 4 vorhersehbar-zentral sind. Die Szenarien 5 – 8 sind unvorhersehbar, wobei Szenario 5 und 6 vorhersehbar-peripher und Szenario 7 und 8 vorhersehbar-zentral sind.

In Szenario 2 hatte das Egofahrzeug beim Herannahen ungehinderte Sicht auf einen Fußgänger, der sich dem rechten Fahrbahnrand näherte. Dabei befand sich der Fußgänger zu Beginn des Szenarios auf dem Gehweg und somit im peripheren Blickfeld des Probanden. Die Bewegungsrichtung machte die Absicht zu Queren erkennbar und das Szenario folglich vorhersehbar.

Auch bei den Szenarien 3 und 4 handelte es sich um vorhersehbare Szenarien, deren Handlungen jedoch im zentralen Blickfeld des Fahrers begannen. In Szenario 3 signalisierte der vorrausfahrende PKW (zentrales Blickfeld) die Absicht nach rechts abbiegen zu wollen, unterbrach seine Handlung jedoch zunächst, um einen Fußgänger queren zu lassen. Antizipierbar wurde das Verhalten des vorrausfahrenden PKWs durch einen an die Kreuzung heranlaufenden Fußgänger, welcher die Straße kreuzte und so den PKW zum Bremsen zwang. Im vierten Szenario befuhr das Egofahrzeug eine Straße mit einer schwachen Biegung. In einem Abstand nach der Biegung befand sich auf der Fahrbahn, also im zentralen Blickfeld des Probanden, ein stehender PKW mit eingeschalteter Warnblinkanlage, wodurch das Szenario vorhersehbar wurde, da die Warnblinkanlage auf die Fahruntüchtigkeit des Fahrzeugs hinwies und es folglich überholt werden musste.

Bei den Szenarien 5 und 6 handelte es sich um unvorhersehbare Handlungen anderer Verkehrsteilnehmer im peripheren Blickfeld. In beiden Szenarien näherte sich das Egofahrzeug einer T-Kreuzung an, bei welcher der Fahrer vor dem Rechtsabbiegen Vorfahrt gewähren musste. Unverzüglich nach dem Abbiegen kreuzte im fünften Szenario ein Fahrradfahrer unmittelbar vor dem Egofahrzeug die Straße von links nach rechts. Der Fahrradfahrer, der sich zuvor zwischen zwei parkenden PKWs befunden hatte, war für den Fahrer des Egofahrzeugs zunächst nicht sichtbar und sein Verhalten somit auch nicht antizipierbar. Peripher sichtbar für den Probanden wurde der Radfahrer erst nach dem Abbiegevorgang des Egofahrzeugs, als er sich vom linken Straßenrand löste. In Szenario 6 reihte sich nach dem Abbiegevorgang ein, zunächst auf dem rechten Parksteifen, also im peripheren Blickfeld des Probanden, stehender PKW, in den fließenden Verkehr vor das Egofahrzeug ein. Das Verhalten des PKWs war für den Fahrer des Egofahrzeugs nicht vorhersehbar, da das Aktivieren der Richtungswechselanzeige und das Ausparken annähernd gleichzeitig stattgefunden haben.

Die beiden letzten Szenarien (Szenario 7 & 8) waren ebenfalls unvorhersehbar, spielten sich jedoch im zentralen Blickfeld des Probanden ab. Im siebten Szenario wurde ein entgegen-

kommender PKW (zentrales Blickfeld) langsamer, stoppte und betätigte die Richtungswechselanzeige. Unvermittelt und somit nicht antizipierbar kreuzte der PKW die Fahrspur des Egofahrzeugs und parkte in der Parkbox am rechten Fahrbahnrand ein. Im achten Szenario lief plötzlich ein Fußgänger zwischen zwei parkenden PKWs hervor (zentrales Blickfeld) und querte die Fahrbahn, aus Sicht des Ego-Fahrers, von rechts nach links. Da weder Fußgänger noch seine Handlungsabsicht für den Fahrer des Egofahrzeugs erkennbar waren, ist dieses Szenario als nicht-antizipierbar zu bewerten.

4.2.4. Fahrstrecke und Simulator

Die oben beschriebenen Szenarien wurden in zufälliger Reihenfolge in eine zehnminütige Testfahrt im innerstädtischen Bereich mit gemischtem entgegenkommenden Verkehr integriert. Durchgeführt wurde auch dieser Versuch in dem statischen Fahrsimulator des Lehrstuhls für Ingenieur- und Verkehrspsychologie der TU Braunschweig (siehe Abbildung 18). Die exakte Beschreibung der Aufbauten ist in Kapitel 3.2.5 zu finden. Für die Darbietung der visuell-motorischen Nebenaufgabe wurde ein zusätzlicher 11 Zoll Touchscreen-Monitor im Bereich der Mittelkonsole angebracht.

4.2.5. Fahraufgabe

Die Fahraufgabe bestand darin eine zehnminütige simulierte Strecke abzufahren. Dabei sollten sich die Probanden zum einen an die Regeln der StVO halten, zum anderen sich möglichst natürlich verhalten. Die Probanden wurden nicht über den tatsächlichen Gegenstand der Untersuchung aufgeklärt. Als Aufgabe wurde eine abschließende Bewertung erlebter Situationen sowie der Fahrt benannt.

4.2.6. Nebenaufgaben

4.2.6.1. Surrogate Reference Task (SuRT)

Bei der Surrogate Reference Task (ISO/DIS 26022, 2007; Mattes & Hallén, 2009) handelt es sich um eine einfache visuelle Suchaufgabe, bei welcher der Proband zur Blickabwendung gebracht wird.

Die Aufgabe bestand darin, den Zielreiz aus einer zufälligen Anordnung von Distraktoren zu identifizieren und mittels Berührung diejenige Bildschirmhälfte des Touchscreens auszuwählen, auf welcher sich der Zielreiz befand. Nach jeder bearbeiteten Aufgabe wurde unverzüglich eine neue Aufgabe dargeboten. Dabei konnte die Aufgabenbearbeitung während der Testfahrt beliebig oft unterbrochen und wiederaufgenommen werden, sodass sich die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben in Abhängigkeit von der Bearbeitungsgeschwindigkeit unterschied. Pro Aufgabe wurden 80 Distraktoren, 40 auf jeder Bildschirmhälfte, und ein Zielreiz auf einem schwarzen bzw. grauem Hintergrund dargeboten (vgl. Abbildung 29). Sowohl Distraktoren wie auch der Zielreiz waren kreisförmig und weiß. Die Unterscheidungsmerkmale waren dabei der Radius und die Linienstärke der dargestellten Kreise. Während der Zielreiz einen Radius von 14 mm mit einer Linienstärke von 0.6 mm aufwies, waren die Distraktoren mit 7 mm Durchmesser (Linienstärke 0.4 mm) deutlich kleiner. Aufgrund dieses Größenunterschiedes und der Anzahl der Distraktoren handelte es sich, gemäß ISO/DIS 26022 (2007), um einen niedrigen Schwierigkeitsgrad.

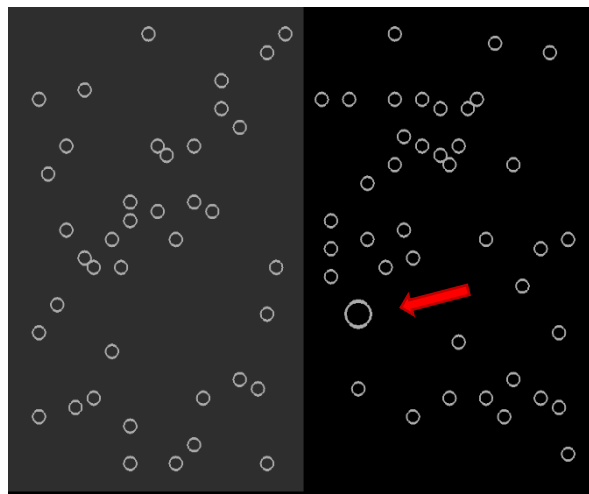


Abbildung 29: Beispielaufgabe der Surrogate Reference Task (SuRT). Dargestellt sind 80 Distraktoren. Der Zielreiz ist auf der rechten Bildschirmhälfte zu sehen.

4.2.6.2. Farbfolge

Aufgabe des Probanden war es hierbei, sich zunächst drei gleiche Objekte nebeneinander vorzustellen und diesen Objekten im ersten Schritt ihm verbal dargebotene Farben (z.B. „rot, blau, gelb“) zuzuordnen (Abbildung 30). Anschließend sollte der Proband die Abfolge nach verbaler Anweisung (z.B. „gelb vor rot“) umstellen, indem er eines der Objekte mental

an eine andere Position in der Abfolge brachte und diese neue Abfolge dann laut nennen (z.B. „gelb, rot, blau“). Für die Umstellung einer Reihenfolge standen dem Probanden neun Sekunden ab Aufgabenstellung zur Verfügung. Unabhängig von einer Antwort und unabhängig von ihrer Richtigkeit wurde die nächste Aufgabe gestellt. Die Taktung der Aufgaben von neun Sekunden konnte seitens des Probanden auch beschleunigt werden. Durch das Betätigen der Lichthupe, war der Proband in der Lage die nächste Aufgabe aufzurufen. Diese zusätzliche manuelle Steuerung hatte einerseits den Vorteil, dass der Proband die vorgegebene Bearbeitungsgeschwindigkeit zu einem gewissen Grad an seine eigene Leistungsfähig anpassen konnte. Andererseits gab es dem Probanden die Möglichkeit, sollte er eine Aufgabe nicht gehört oder verstanden haben, zur nächsten Aufgabe zu wechseln. Insgesamt ergaben sich durch die drei zu variierenden Farben zwölf unterschiedliche Kombinationen aus Farbfolge und Permutationsmöglichkeit, die in ausbalancierter Reihenfolge während der gesamten Testfahrt bearbeitet werden konnten.

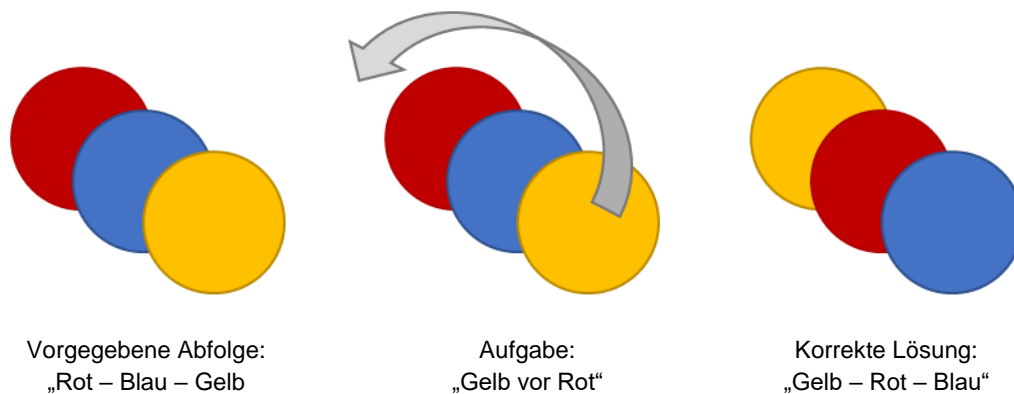


Abbildung 30: Beispielaufgabe der Nebenaufgabe: Farbfolge.

4.2.7. Abhängige Variablen

4.2.7.1. Subjektive Bewertung

Die Fragen der subjektiven Bewertung dienten sowohl zur Bewertung der Szenarien im Sinne der Manipulationskontrolle, sowie der Bewertung der eigenen Fahrleistung. Zusätzlich wurde der subjektive Eindruck des Einflusses der Nebenaufgabe erfasst. Beurteilt wurde zunächst jedes Szenario einzeln, im Anschluss die Fahrt insgesamt. Unterstützend wurden schematische Darstellungen der Situationen (vgl. Abbildung 28) angefertigt und dem Fragebogen beigelegt.

Um zu überprüfen, ob die Gestaltung der Szenarien entsprechend den oben dargestellten Überlegungen gelungen war, wurde zunächst erfragt als wie vorhersehbar das jeweilige Szenario empfunden wurde. Ergänzend wurden die eigene Fahrleistung sowie der Einfluss der Nebenaufgabe auf ihr Fahrverhalten für jedes Szenario getrennt und anschließend für die Fahrt insgesamt bewertet.

Die Bewertung erfolgte anhand einer 15-Punkte-Antwortskala mittels der Zwei-Stufen-Prozedur nach Heller (1982). Dabei wird zunächst eine der fünf verbalen Oberkategorien z.B. von *gar nicht* bis *sehr stark* gewählt. Anschließend wird eine Feinjustierung der gewählten Kategorie unter Zuhilfenahme einer Drei-Punkte-Skala (- / 0 / +) vorgenommen. Ein Beispiel-Item ist in Abbildung 31 dargestellt.

Wie **gut** sind Sie ihrer Meinung nach gefahren?

| sehr schlecht | | | schlecht | | | mittel | | | gut | | | sehr gut | | |
|---------------|---|---|----------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|----------|---|---|
| - | 0 | + | - | 0 | + | - | 0 | + | - | 0 | + | - | 0 | + |

Abbildung 31: Beispiel-Item des subjektiven Fragebogens zur Beurteilung der eigenen Fahrleistung während der gesamten Fahrt.

4.2.7.2. Fahrvariablen

Um die Auswirkungen der Bearbeitung der Nebenaufgaben zu ermitteln, wurden für alle acht Szenarien Geschwindigkeit, Bremsreaktionszeit, maximaler Bremsdruck sowie die Zeit bis zum Erreichen des maximalen Bremsdrucks erfasst. Als Startpunkt der Messung wurde der Zeitpunkt ab Sichtbarwerden des Objektes (Fahrzeug, Radfahrer, Fußgänger) bzw. Anzeichen einer Handlungsabsicht gewählt. Hierzu zählten das Verringern der Geschwindigkeit bis hin zum Bremsen und/oder die Aktivierung der Richtungswechselanzeige. Ergänzend wurden auch Kollisionen erfasst.

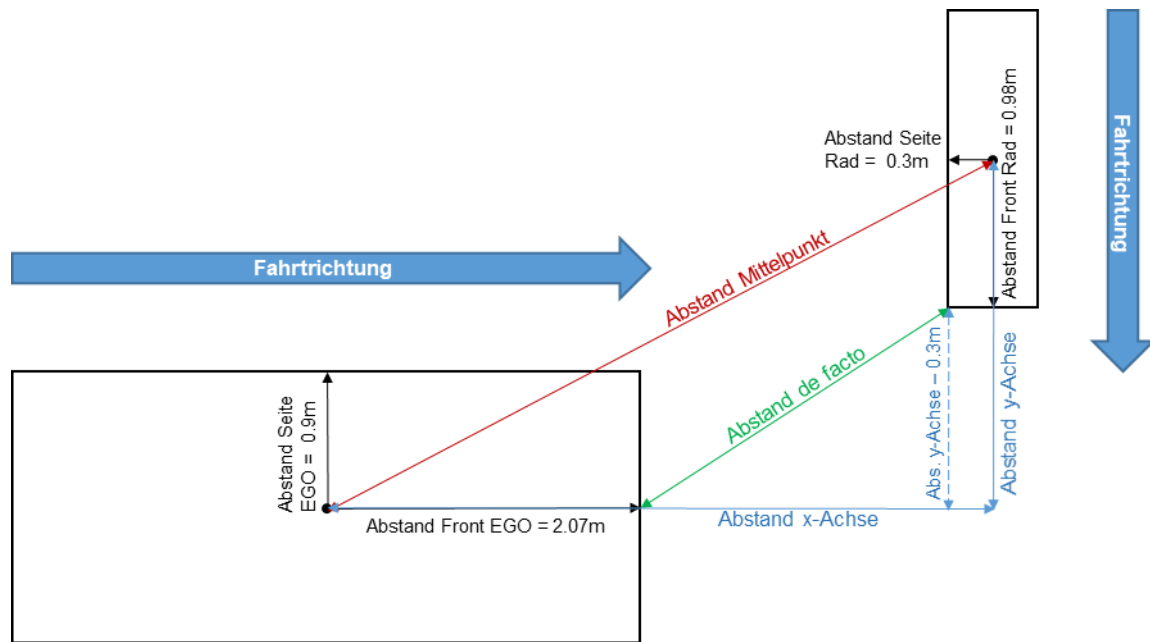


Abbildung 32: Grafische Darstellung der Operationalisierung der Variable „Mindestabstand zum Objekt“ am Beispiel des fünften Szenarios.

Ergänzend wurden, in Abhängigkeit vom Szenario, zusätzliche situationsspezifische Parameter erhoben, welche erlaubten die vermuteten Unterschiede zwischen den drei Bedingungen Kontrollfahrt, SuRT und Farbfolge zu eruieren. In Szenario 1 wurde der Mindestabstand zum Objekt erhoben. Im zweiten Szenario wurde zusätzlich der Abstand zum Fußgänger, zum einen zu Beginn des Querens sowie am Ende des Bremsmanövers gemessen. In den Szenarien 3 und 4 wurde ergänzend die Geschwindigkeit am Ende des Bremsvorgangs erfasst. Darüber hinaus wurden in Szenario 4 der Abstand zum Objekt zu Bremsbeginn ebenso wie zu Bremsende erhoben. In den Szenarien 5 und 6 war es von großer Bedeutung für die Auswertung, dass sich die Wege der beiden Verkehrsteilnehmer tatsächlich kreuzten, um so das beabsichtigte kritische Ereignis herbeizuführen. Um also Aussagen über den Abbiegevorgang machen zu können, wurde ergänzend die Abweichung von der Idealspur erfasst, wobei die Idealspur der Fahrstreifenmitte entsprach. Im fünften Szenario wurde der Abstand zur Idealspur zu dem Zeitpunkt erfasst, an dem das kritische Objekt (Radfahrer) die Idealspur des Egofahrzeugs kreuzte, in Szenario 6, wenn das kritische Objekt (Ausparker) von Fahrbandrand auf den Fahrstreifen fuhr. Zusätzlich wurden für diese Zeitpunkte auch jeweils Geschwindigkeit und Abstand zum Objekt erfasst, sowie auch die Dauer des Bremsmanövers. In Szenario 7 wurde ergänzend die Geschwindigkeit des Egofahrzeugs, sowohl beim Anfahren des entgegenkommenden PKWs wie auch am

Ende des Bremsmanövers, erfasst. Zudem wurde der Abstand zum PKW zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen. Die erste Messung erfolgte zum dem Zeitpunkt, zu dem der PKW anfuhr (Manöverbeginn), und die folgenden Messzeitpunkte lagen jeweils am Anfang und am Ende des Bremsvorgangs. Im achten Szenario wurden der Mindestabstand zum Objekt, sowie die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt des geringsten Abstandes, wie auch der Abstand am Ende der Bremsreaktion erfasst.

4.2.8. Durchführung

Im Anschluss an die Begrüßung, wurde den Probanden eine Einwilligungserklärung sowie ein demografischer Fragebogen vorgelegt. Es folgten eine schriftliche Instruktion zur Trainingsfahrt wie auch eine mündliche Einweisung in den Fahrsimulator. Um den Probanden die Möglichkeit zu geben, sich an den Simulator zu gewöhnen, wurde zunächst eine zehnminütige Trainingsfahrt durchgeführt. Anschließend fand, mit Ausnahme der Kontrollbedingung, das Training der Nebenaufgaben statt. Dafür erhielten die Probanden weitere schriftliche Instruktionen für die jeweilige Nebenaufgabe. Während des Trainings der Nebenaufgabe stand der Proband bei aktiver Simulation in einer Haltebucht. Das Training der SuRT beschränkte sich dabei auf zwei Minuten, während das Training der visuell-kognitiven Nebenaufgabe zeitunabhängig war, jedoch eine Umstellung von 25 Farbabfolgen beinhaltete. Anschließend folgte die Instruktion für die Testfahrt, welche in Abhängigkeit vom Vorhandensein und Art der Nebenaufgabe variierte. Vergewissert, dass der Proband keine Fragen und alles richtig verstanden hatte, folgte die zehnminütige Testfahrt. Abschließend beantworteten die Probanden einen Fragebogen, wurden „vergütet“ und verabschiedet. Insgesamt dauerte der Versuch 45 Minuten.

4.3. Ergebnisse

4.3.1. Subjektive Befragung

Zur Auswertung der subjektiven Befragung wurden einfaktorielle Varianzanalysen (MANOVA) verwendet. Zusätzliche Post-Hoc-Tests für die paarweisen Vergleiche wurden Bonferroni korrigiert.

4.3.1.1. Bewertung der Szenarien - Manipulationscheck

Zunächst wurden mittels der subjektiven Bewertung der Probanden die Szenarien hinsichtlich des Kriteriums der Vorhersehbarkeit überprüft. Dabei sollten die ersten vier Szenarien als vorhersehbar, die letzten vier als unvorhersehbar bewertet werden. Wie in Abbildung 33 zu sehen, wurde dies von den Testfahrern insgesamt nicht so bewertet. Szenario 1 erscheint mit einem hohen Wert gelungen, Szenario 2 scheint die Testfahrer dagegen eher überrascht zu haben. Auch die Szenarien 3 und 4 liegen nur im mittleren Bereich der Vorhersagbarkeit.

Das Szenario 5 scheint wieder gelungen, da hier der Mittelwert bei 4.6 (wenig vorhersehbar) liegt. Szenario 6 erscheint weniger gelungen, da auch hier die Vorhersehbarkeit im mittleren Bereich lag. Die beiden Szenarien 7 und 8 wiederum sind eher gelungen; hier wurde die Vorhersagbarkeit als gering bewertet.

Insgesamt erscheint damit die Manipulation der Vorhersagbarkeit zumindest teilweise gelungen zu sein. Subjektiv scheinen jedoch die Szenarien 2 und 6 nicht vollständig gelungen zu sein.

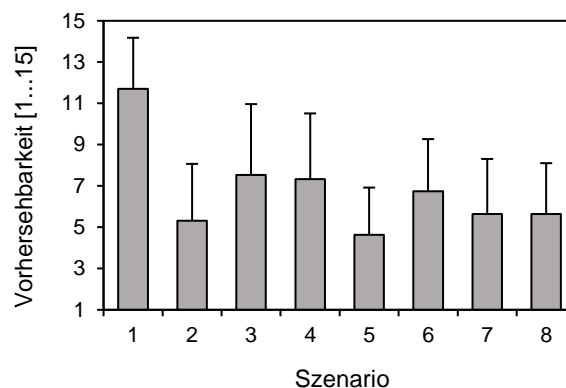


Abbildung 33: Subjektive Bewertung der Vorhersehbarkeit (Mittelwerte und Standardabweichungen) der Szenarien 1 – 8.

4.3.1.2. Bewertung der eigenen Leistung, des eigenen Verhaltens

Die Beurteilung der eigenen Fahrleistung in den acht Szenarien ist in Tabelle 14 im Vergleich der drei Bedingungen dargestellt. Die statistischen Kennwerte können Tabelle 15 entnommen werden. Es konnte ein signifikanter Unterschied bezüglich der subjektiven Bewertung der eigenen Fahrleistung in Szenario 8 nachgewiesen werden, wobei sich vor allem *Kontrollfahrt* und Fahrt mit *SuRT* unterschieden ($p = .055$). Die übrigen Vergleiche waren nicht signifikant. Szenario 8 ist ein wenig vorhersehbares Ereignis, das im zentralen

Blickfeld geschieht. Nur in dieser Situation wird, nach eigenem Eindruck, die eigene Leistung durch die visuell-motorische Nebenaufgabe beeinträchtigt, nicht aber durch die akustisch-sprachliche Nebenaufgabe mit hoher kognitiver Beanspruchung.

Tabelle 14: Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Bewertung der eigenen Fahrleistung pro Szenario.

| Fahrleistung | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|--------------|---------------|-----|------|-----|-----------|-----|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Szenario 1 | 10.9 | 1.6 | 11.4 | 1.7 | 10.8 | 2.3 |
| Szenario 2 | 9.4 | 2.3 | 8.8 | 2.4 | 9.3 | 2.3 |
| Szenario 3 | 9.1 | 3.0 | 7.7 | 3.6 | 8.0 | 3.2 |
| Szenario 4 | 10.8 | 2.0 | 10.7 | 1.9 | 9.6 | 2.5 |
| Szenario 5 | 7.8 | 2.6 | 8.6 | 2.4 | 8.8 | 2.5 |
| Szenario 6 | 10.3 | 2.0 | 8.6 | 2.4 | 9.7 | 2.6 |
| Szenario 7 | 10.3 | 2.1 | 9.0 | 2.8 | 9.1 | 2.8 |
| Szenario 8 | 9.9 | 2.0 | 8.2 | 2.8 | 9.7 | 2.5 |

Tabelle 15: Ergebnisse der ANOVAs für die subjektive Bewertung der eigenen Fahrleistung pro Szenario.

| Fahrleistung | $F_{2,68}$ | p | η_p^2 |
|--------------|------------|---------------|------------|
| Szenario 1 | .644 | .528 | .019 |
| Szenario 2 | .375 | .688 | .011 |
| Szenario 3 | 1.322 | .273 | .037 |
| Szenario 4 | 2.408 | .098 | .066 |
| Szenario 5 | .973 | .383 | .028 |
| Szenario 6 | 2.142 | .125 | .059 |
| Szenario 7 | 1.765 | .179 | .049 |
| Szenario 8 | 3.400 | .039 * | .091 |

* Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$.

Der Einfluss der Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten wurde im Mittel zwischen 7 und 10 Punkten bewertet, was mittleren bis starken Auswirkungen entspricht (Tabelle 16). Zwi-

schen den Gruppen *SuRT* und *Farbfolge* konnten keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Szenarien nachgewiesen werden. Die statistischen Kennwerte sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Bewertung des Einflusses der Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten pro Szenario.

| Einfluss der Nebenaufgabe | SuRT | | Farbfolge | |
|---------------------------|------|-----|-----------|-----|
| | MW | SD | MW | SD |
| Szenario 1 | 7.4 | 4.1 | 8.6 | 3.4 |
| Szenario 2 | 11.0 | 2.4 | 9.8 | 2.3 |
| Szenario 3 | 10.3 | 3.4 | 10.3 | 3.0 |
| Szenario 4 | 7.8 | 3.0 | 8.8 | 3.1 |
| Szenario 5 | 9.9 | 3.6 | 9.6 | 3.6 |
| Szenario 6 | 8.0 | 2.6 | 9.3 | 3.0 |
| Szenario 7 | 9.4 | 3.3 | 8.7 | 3.2 |
| Szenario 8 | 10.3 | 3.3 | 9.5 | 2.6 |

Tabelle 17: Ergebnisse der MANOVA für die subjektive Bewertung der Einflussstärke der Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten pro Szenario.

| Einfluss der Nebenaufgabe | $F_{1,45}$ | p | η_p^2 |
|---------------------------|------------|------|------------|
| Szenario 1 | 1.182 | .283 | .026 |
| Szenario 2 | 2.881 | .097 | .060 |
| Szenario 3 | .001 | .974 | .000 |
| Szenario 4 | 1.182 | .283 | .026 |
| Szenario 5 | .098 | .755 | .002 |
| Szenario 6 | 2.301 | .136 | .049 |
| Szenario 7 | .517 | .476 | .011 |
| Szenario 8 | .859 | .359 | .019 |

Unabhängig von der speziellen Situation wurde im Anschluss an die Testfahrt nach der eigenen Fahrleistung sowie nach dem Einfluss der Nebenaufgabe auf die Fahrperformanz insgesamt gefragt. Bei der Beurteilung der eigenen Fahrleistung finden sich dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen *Kontrollfahrt*, *SuRT* und *Farbfolge* ($F_{2,}$

$_{68}) = .511, p = .602$). Die Urteile liegen dabei im mittel-guten bis guten Bereich (Tabelle 18). Dies entspricht weitgehend der Befragung nach jeder Situation, wo sich auch nur für ein Szenario ein leichter Unterschied zwischen Kontrollfahrt und Fahrt in der visuell-motorischer Nebenaufgabe gezeigt hatte.

Tabelle 18: Mittelwerte und Standardabweichungen der subjektiven Bewertung der gesamten Fahrt für die Variablen Fahrleistung und Einfluss der Nebenaufgabe auf die Fahrperformanz.

| Variable | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|---|---------------|-----|------|-----|-----------|-----|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Fahrleistung | 10.0 | 2.0 | 9.4 | 2.0 | 9.8 | 2.2 |
| Einfluss Nebenaufgabe auf Fahrperformanz | | | 11.0 | 2.6 | 10.5 | 3.3 |

Gleiches ergibt sich bei der Frage, inwieweit die Probanden meinen, dass die Nebenaufgabe die Fahrleistung beeinflusst habe ($F_{(1, 45)} = .454, p = .504$). Wie auch oben bei den einzelnen Szenarien wurde der Einfluss der Nebenaufgabe auf die Fahrperformanz bei beiden Aufgaben vergleichbar im mittleren bis starken Bereich eingeschätzt (Tabelle 18).

4.3.2. Fahrdaten

Die Auswertung der Fahrdaten erfolgte für jedes Szenario einzeln. Die im Folgenden berichteten Ergebnisse werden zunächst nach Situationstyp und innerhalb diesen nach Lokalisation im Blickfeld sortiert. Zu diesem Zweck wurden einfaktorielle Varianzanalysen (MANOVA) berechnet. Häufigkeitsvergleiche erfolgten per Chi-Quadrattest.

4.3.2.1. Vorhersehbar-periphere Szenarien

In diesen Szenarien sollten beide Nebenaufgaben Beeinträchtigungen des Fahrverhaltens zur Folge haben. Bei der visuell-motorischen Aufgabe sollte insbesondere die visuelle Ablenkung dazu führen, dass das peripher beginnende Ereignis erst sehr spät gesehen wird. Bei der akustisch-sprachlichen, kognitiv beanspruchenden Aufgabe sollte die aktive Suche nach Informationen beeinträchtigt sein, wodurch das peripher beginnende Ereignis ebenfalls zu spät gesehen wird.

4.3.2.1.1. Szenario 1

Im ersten Szenario (vgl. Abbildung 34) unterschieden sich die Gruppen *Kontrollfahrt*, *SuRT* und *Farbfolge* hinsichtlich der Bremsreaktionszeit und der Zeit bis zum Erreichen des maximalen Bremsdrucks (siehe Tabelle 19). Die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 20 entnommen werden.

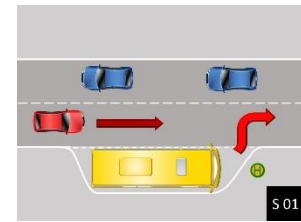


Abbildung 34: Szenario 1.

Tabelle 19: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 1.

| Variable Szenario 1 | $F_{2,56}$ | p | η_p^2 |
|--------------------------------------|------------|----------------|------------|
| Geschwindigkeit | 2.233 | .117 | .074 |
| Bremsreaktionszeit | 5.620 | .006 ** | .167 |
| Maximaler Bremsdruck | 1.184 | .314 | .041 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 5.202 | .008 ** | .157 |
| Mindestabstand zum Objekt | .905 | .410 | .031 |

** Signifikanzniveau $\alpha = 0.01$.

Die Probanden betätigten das Bremspedal unter der *SuRT*-Bedingung annähernd zwei Sekunden später im Vergleich zur *Kontrollfahrt*. Auch die Probanden der *Farbfolge*-Bedingung reagierten deutlich später auf den ausscherenden Bus, wie man in Abbildung 35 (links) sehen kann. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei der Zeit bis zum Erreichen des maximalen Bremsdrucks (vgl. Abbildung 35, rechts). Diese Zeit ist bei der *Kontrollfahrt* im Vergleich zur *SuRT* um zwei Sekunden und im Vergleich zur *Farbfolge* um eine Sekunde kürzer. Die Parameter Geschwindigkeit, maximaler Bremsdruck, sowie Mindestabstand zum Objekt weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Demnach bremsen die Probanden mit Nebenaufgabe später, erreichen den maximalen Bremsdruck später, fahren jedoch weder schneller oder dichter an das Objekt ran, noch bremsen sie stärker.

In diesem Szenario zeigten 13 (18 %) der 72 Probanden keine Bremsreaktion, drei von ihnen in der *Kontrollfahrt*, jeweils fünf in *SuRT* und *Farbfolge* ($\chi^2_{(2)} = .751$, $p = .687$). Ferner traten keine Kollisionen auf.

Tabelle 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 1.

| Variable Szenario 1 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|--------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 47.60 | 3.75 | 47.40 | 6.00 | 50.52 | 5.50 |
| Bremsreaktionszeit | 0.92 | 1.71 | 2.82 | 1.78 | 2.25 | 2.05 |
| Maximaler Bremsdruck | 0.79 | 0.50 | 0.65 | 0.39 | 0.93 | 0.75 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 2.06 | 1.36 | 3.56 | 1.68 | 3.18 | 1.56 |
| Mindestabstand zum Objekt | 46.35 | 14.67 | 42.44 | 12.80 | 40.64 | 13.69 |

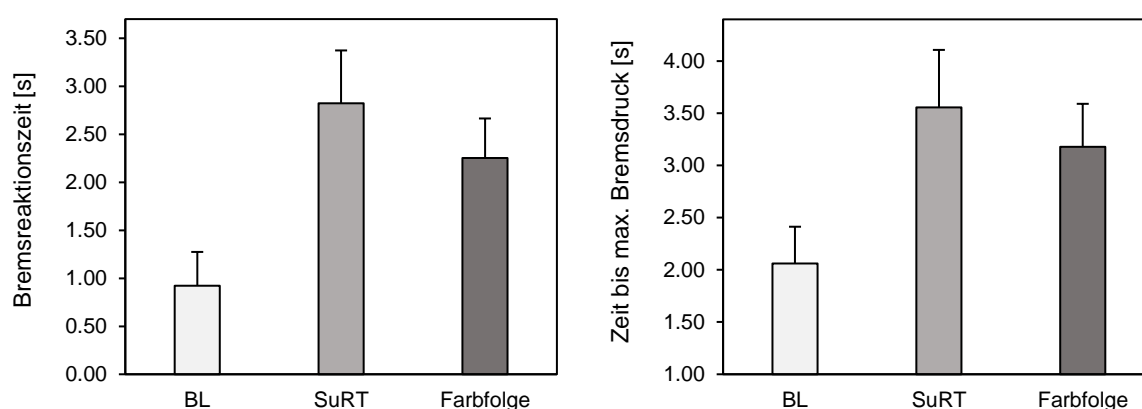


Abbildung 35: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Zeit bis maximaler Bremsdruck (rechts) für das Szenario 1.

Zusammenfassend zeigt sich damit in diesem peripher/vorhersehbaren Szenario eine verlangsamte Reaktion (Reaktionszeit und Zeit bis zum maximalen Bremszeit) für beide Arten von Nebenaufgaben.

4.3.2.1.2. Szenario 2

Wie in Tabelle 21 zu sehen, unterscheiden sich die drei Gruppen *Kontrollfahrt*, *SuRT* und *Farbfolge* in Szenario 2 (vgl. Abbildung 36) hinsichtlich der Parameter Bremsreaktionszeit, maximaler Bremsdruck signifikant und tendenziell bei dem Parameter Abstand zu Objekt bei Bremsende voneinander (Tabelle 22). Wie in Abbildung 37 (links) zu sehen, erfolgt die Bremsreaktion bei

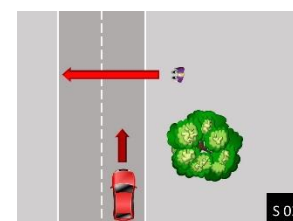


Abbildung 36: Szenario 2.

der *Kontrollfahrt* dabei früher als bei den Fahrten mit *SuRT* bzw. *Farbfolge* als Nebenaufgabe.

Tabelle 21: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 2.

| Variable Szenario 1 | $F_{2,56}$ | p | η_p^2 |
|--|------------|----------------|------------|
| Geschwindigkeit | 1.084 | .344 | .032 |
| Bremsreaktionszeit | 6.658 | .002 ** | .170 |
| Maximaler Bremsdruck | .236 | .790 | .007 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 4.800 | .011 * | .129 |
| Abstand zum Objekt bei Querungsbeginn | 2.128 | .127 | .061 |
| Abstand zum Objekt Bremsende | 2.699 | .075 | .077 |

* Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$; ** Signifikanzniveau $\alpha = 0.01$.

Tabelle 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 2.

| Variablen Szenario 2 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|--|---------------|------|-------|------|-----------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 48.19 | 4.49 | 46.56 | 5.19 | 46.36 | 4.34 |
| Bremsreaktionszeit | 3.22 | 0.35 | 3.58 | 0.55 | 3.66 | 0.41 |
| Maximaler Bremsdruck | 2.06 | 1.08 | 2.02 | 1.29 | 2.29 | 1.80 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 4.09 | 0.38 | 4.35 | 0.50 | 4.48 | 0.42 |
| Abstand zum Objekt bei Querungsbeginn | 80.50 | 0.19 | 80.44 | 0.05 | 80.43 | 0.06 |
| Abstand zum Objekt Bremsende | 20.55 | 5.71 | 17.86 | 5.16 | 16.44 | 7.36 |

Hinsichtlich der Zeit bis zum Erreichen des maximalen Bremsdrucks unterscheiden sich die drei Gruppen signifikant voneinander. Dabei erreichen die Probanden in der *Kontrollfahrt* den maximalen Bremsdruck schneller im Vergleich zur den Gruppen *SuRT* und *Farbfolge* (siehe Abbildung 37, rechts).

Tendenziell unterscheidet sich die *Kontrollfahrt* auch bezüglich des Abstands zum Objekt bei Bremsende von den Gruppen mit Nebenaufgabe (Abbildung 38). Probanden der *Kontrollgruppe* beenden das Bremsmanöver in einem größeren Abstand zum kritischen

Objekt. Weiter konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bei den Fahrparametern Geschwindigkeit, maximaler Bremsdruck, so wie beim Abstand zum Objekt bei Querungsbeginn nachgewiesen werden. Somit reagierten die Probanden mit Nebenaufgabe auch in diesem Szenario später auf das kritische Objekt (Fußgänger), als jene der *Kontrollfahrt*.

Des Weiteren haben insgesamt vier der Probanden (5.6 %) nicht gebremst ($SuRT = 3$, $Farbfolge = 1$; $\chi^2_{(2)} = 3.706$, $p = .157$) und es traten keine Kollisionen auf.

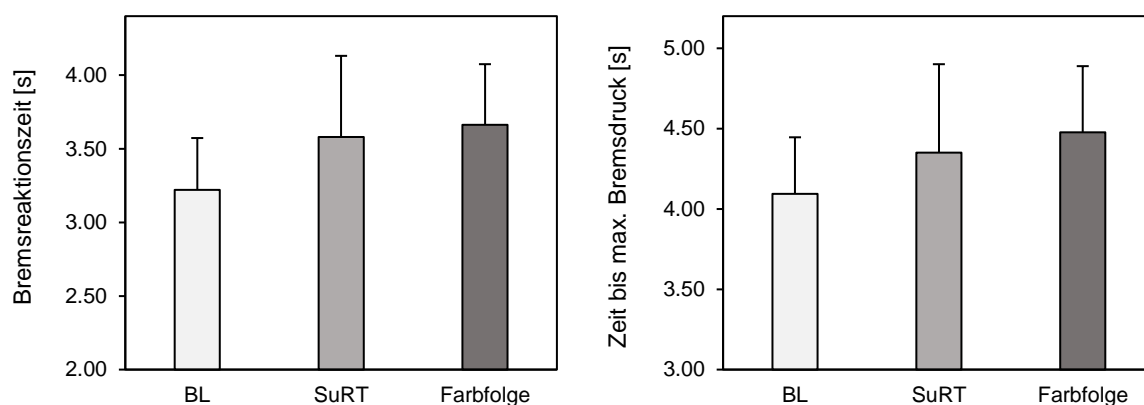


Abbildung 37: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Zeit bis maximaler Bremsdruck (rechts) für das Szenario 2.

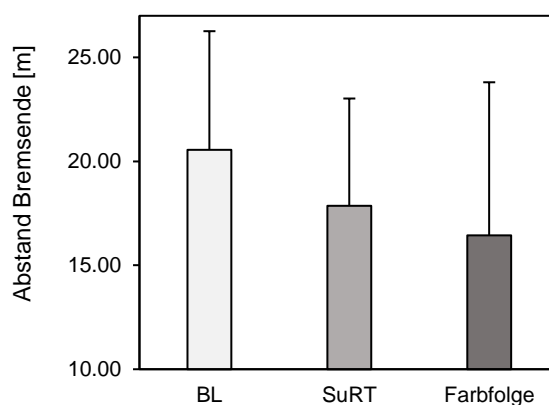


Abbildung 38: Mittelwerte und Standardabweichungen des Fahrparameters Abstand zum Objekt bei Bremsende für das Szenario 2.

Auch in diesem zweiten peripher/vorhersehbaren Szenario findet sich bei beiden Nebenaufgabe eine Verlangsamung der Reaktion.

4.3.2.2. Vorhersehbar-zentrale Szenarien

In dieser Art von Szenario sollte vor allem die visuell-motorische Nebenaufgabe zu Beeinträchtigungen führen, da das kritische Objekt zu spät gesehen wird. Da die Fahrsituation sehr eindeutig und daher kognitiv einfach zu lösen ist, sollte bei der akustisch-sprachlichen, kognitiv beanspruchenden Aufgabe hingegen keine oder nur eine geringe Beeinträchtigung auftreten.

4.3.2.2.1. Szenario 3

Im dritten Szenario (vgl. Abbildung 39) konnten, wie in Tabelle 23 zu sehen, bei keinem der erhobenen Fahrparameter signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen nachgewiesen werden. Die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 24 entnommen werden. Auch die Anzahl der Bremsmanöver unterscheidet sich zwischen den Gruppen kaum. Lediglich zwei (3 %) der 72 Probanden zeigten in diesem Szenario keine Bremsreaktion ($\chi^2_{(2)} = 1.029, p = .598$), jeweils einer aus *Kontrollfahrt* und *Farbfolge*. Weiter wurden insgesamt zehn Kollisionen erfasst. Während es in der *Kontrollfahrt* zu einer Kollision kam, verursachten in den Gruppen *SuRT* und *Farbfolge* vier bzw. fünf der Probanden Kollisionen, was jedoch statistisch nicht relevant ist ($\chi^2_{(2)} = 3.019, p = .221$). Zusätzlich konnte in der *Kontrollgruppe* bei vier der 24 Probanden ein Ausweichen beobachtet werden. Dabei wurde der stehende bzw. wartende PKW links überholt. Dieses Verhalten zeigten die Probanden der beiden anderen Gruppen nicht ($\chi^2_{(1)} = 4.364, p = .037$).

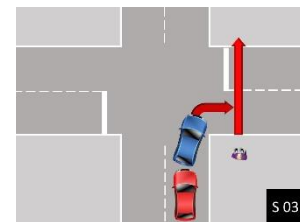


Abbildung 39: Szenario 3.

Tabelle 23: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 3.

| Variable Szenario 3 | F _{2,63} | p | η _p ² |
|-------------------------------|-------------------|------|-----------------------------|
| Geschwindigkeit | 1.309 | .277 | .040 |
| Geschwindigkeit Ende Bremse | .227 | .798 | .007 |
| Bremsreaktionszeit | 1.102 | .339 | .034 |
| Maximaler Bremsdruck | 1.112 | .335 | .034 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | .515 | .600 | .016 |
| Mindestabstand zum Objekt | .168 | .846 | .005 |

Tabelle 24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 3.

| Variablen Szenario 3 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|--------------------------------------|---------------|------|-------|-------|-----------|-------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 40.97 | 4.81 | 43.09 | 4.00 | 42.16 | 4.05 |
| Geschwindigkeit Ende Bremse | 5.88 | 7.64 | 6.73 | 9.18 | 5.10 | 7.79 |
| Bremsreaktionszeit | 1.01 | 0.89 | 1.53 | 1.06 | 1.23 | 1.40 |
| Maximaler Bremsdruck | 3.87 | 2.57 | 3.23 | 1.91 | 2.91 | 1.82 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 2.24 | 0.94 | 2.48 | 1.27 | 2.04 | 2.01 |
| Mindestabstand zum Objekt | 15.05 | 8.55 | 13.03 | 11.49 | 13.01 | 16.61 |

Insgesamt war damit in diesem Szenario kein Effekt der Nebenaufgaben festzustellen.

4.3.2.2.2. Szenario 4

Im vierten Szenario (vgl. Abbildung 40) zeigen sich bei dem Faktor *Nebenaufgabe* signifikante Unterschiede bei der Bremsreaktionszeit und der Zeit bis zum maximalen Bremsdruck, sowie den beiden Abstandmaßen Abstand zum Objekt zu Bremsbeginn und Bremsende (Tabelle 25). Wie in Abbildung 41 (links) zu sehen, reagieren die Probanden der *Kontrollfahrt* und auch die der *Farbfolge* vergleichbar schnell und bremsen deutlich früher im Vergleich zu den Probanden der *SuRT*-Bedingung (vergleiche Tabelle 26).



Abbildung 40: Szenario 4.

Tabelle 25: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 4.

| Variable Szenario 4 | $F_{2,41}$ | p | η_p^2 |
|---|------------|----------------|------------|
| Geschwindigkeit | .989 | .381 | .046 |
| Geschwindigkeit Ende Bremse | .549 | .581 | .026 |
| Bremsreaktionszeit | 7.977 | .001 ** | .280 |
| Maximaler Bremsdruck | 2.004 | .148 | .089 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 3.814 | .030 * | .157 |
| Abstand zum Objekt bei Bremsbeginn | 7.209 | .002 ** | .260 |
| Abstand zum Objekt bei Bremsende | 5.944 | .005 ** | .225 |

* Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$; ** Signifikanzniveau $\alpha = 0.01$.

Tabelle 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 4.

| Variable Szenario 4 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|---|---------------|------|-------|------|-----------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 49.89 | 3.26 | 48.58 | 4.69 | 50.90 | 4.56 |
| Geschwindigkeit Ende Bremse | 36.42 | 8.11 | 39.05 | 7.17 | 36.03 | 8.16 |
| Bremsreaktionszeit | 3.82 | 0.62 | 4.67 | 0.70 | 3.65 | 0.77 |
| Maximaler Bremsdruck | 0.83 | 0.57 | 0.50 | 0.34 | 0.84 | 0.50 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 4.25 | 1.45 | 5.32 | 0.56 | 4.36 | 0.76 |
| Abstand zum Objekt bei Bremsbeginn | 44.67 | 7.69 | 36.70 | 6.39 | 46.81 | 8.72 |
| Abstand zum Objekt bei Bremsende | 27.69 | 8.28 | 20.18 | 6.07 | 31.09 | 9.29 |

In Abbildung 41 (rechts) zeigen sich in Bezug auf die Zeit bis zum Erreichen des maximalen Bremsdrucks ähnliche Unterschiede zwischen den Gruppen wie bei der Bremsreaktionszeit. Dabei erreichten Probanden der *SuRT*-Bedingung das Maximum des Bremsdrucks annähernd eine Sekunde später im Vergleich zur *Kontrollfahrt* und zur *Farbfolge*-Bedingung, während sich *Kontrollfahrt* und *Farbfolge* kaum hinsichtlich der Zeit bis zum Erreichen des maximalen Bremsdrucks voneinander unterscheiden.

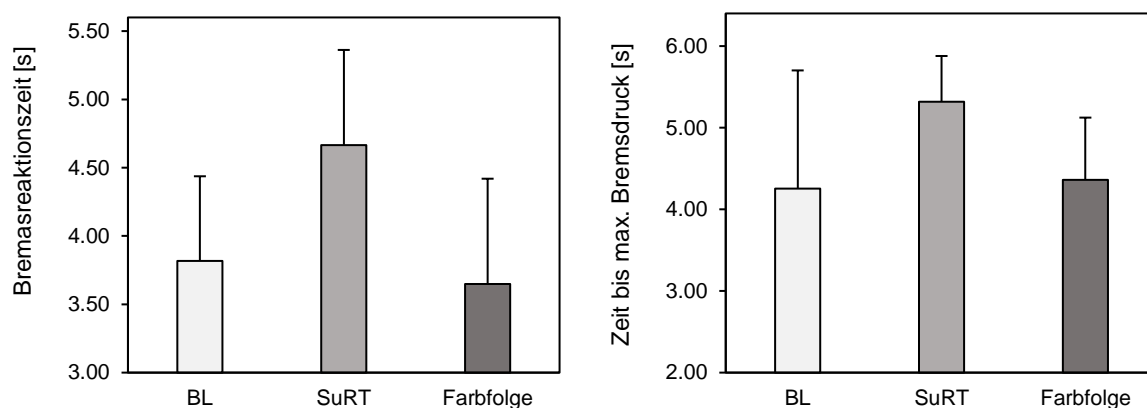


Abbildung 41: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Zeit bis maximaler Bremsdruck (rechts) für das Szenario 4.

Weiter unterschieden sich die Gruppen auch bezüglich der Anzahl der Bremsreaktionen ($\chi^2_{(2)} = 6.756, p = .034$) signifikant voneinander. Insgesamt haben 45 der 72 Probanden (63 %) gebremst, 20 von ihnen waren Probanden der *Kontrollfahrt*. Bei der *SuRT* bremsten zwölf, bei der Farbfolge 13 der jeweils 24 Probanden. Die paarweisen Vergleiche zeigen signifikante Unterschiede zwischen *Kontrollfahrt* und *SuRT* ($\chi^2_{(1)} = 6.000, p = .014$), wie auch zwischen *Kontrollfahrt* und *Farbfolge* ($\chi^2_{(1)} = 4.752, p = .029$). Die beiden Nebenaufgaben unterscheiden sich statistisch nicht voneinander ($\chi^2_{(1)} = .083, p = .773$).

Bei den beiden Abstandmaßen hebt sich abermals die Gruppe *SuRT* deutlich hervor (vgl. Abbildung 42). So betätigten die Probanden der Kontrollfahrt das Bremspedal acht Meter früher, die Probanden der Farbfolge-Bedingung sogar zehn Meter früher, im Vergleich zur *SuRT*-Bedingung. Ähnlich verhält es sich bei dem Abstand zum Objekt bei Bremsende. Hier ist der Abstand der *Kontrollgruppe* um 7.5 m größer, bei der *Farbfolge* um annähernd 11 m größer, im Vergleich zur *SuRT*.

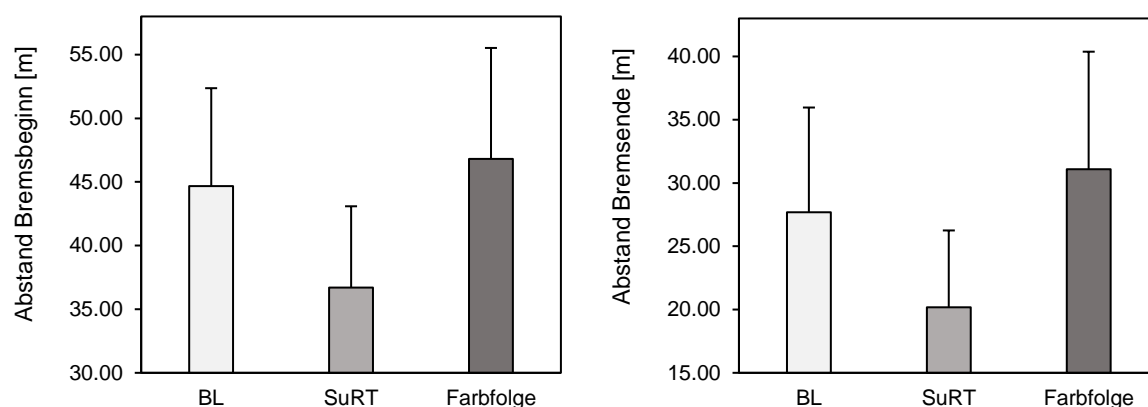


Abbildung 42: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter Abstand zum Objekt bei Bremsbeginn (links) Abstand zum Objekt bei Bremsende (rechts) für das Szenario 4.

Insgesamt zeigt sich damit in diesem Szenario ein deutlich negativer Effekt der visuell-motorischen Nebenaufgabe, mit der signifikant langsamer reagiert wird und die Reaktion selbst auch langsamer erfolgt. Dies führt dazu, dass der Abstand sowohl zu Bremsbeginn wie auch am Ende des Bremsens geringer ist. Im Gegensatz dazu ist bei der akustisch-sprachlichen kognitiv beanspruchenden Nebenaufgabe kein negativer Effekt nachzuweisen.

4.3.2.3. Unvorhersehbar-periphere Szenarien

In diesen Szenarien ist eine adäquate Reaktion auf die kognitiv beanspruchende Fahraufgabe eine aktive Suche nach Informationen. Entsprechend wurde erwartet, dass auch die akustisch-sprachliche, kognitiv beanspruchende Nebenaufgabe die Leistung beim Fahren beeinträchtigt. Für die visuell-motorische Aufgabe würde man eine Beeinträchtigung der Reaktion erwarten, da durch die visuelle Ablenkung das kritische Objekt erst zu spät gesehen wird.

4.3.2.3.1. Szenario 5

Im fünften Szenario (vgl. Abbildung 43) zeigen sich keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den Gruppen *Kontrollfahrt*, *SuRT* und *Farbfolge* (siehe Tabelle 27). Die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 28 entnommen werden.

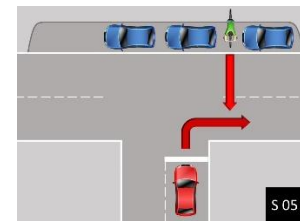


Abbildung 43: Szenario 5.

Tabelle 27: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 5.

| Variable Szenario 4 | $F_{2,14}$ | p | η_p^2 |
|--|------------|------|------------|
| Geschwindigkeit | .220 | .805 | .030 |
| Bremsreaktionszeit | .766 | .483 | .099 |
| Maximaler Bremsdruck | 1.982 | .175 | .221 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | .437 | .655 | .059 |
| Bremsdauer | .592 | .567 | .078 |
| Abstand wenn Objekt IS kreuzt | .298 | .747 | .032 |
| Abweichung IS wenn Objekt IS kreuzt | .364 | .701 | .049 |

Betrachtet man den Abbiegevorgang als solches, so wird deutlich, dass die Probanden aller drei Gruppen ($\chi^2_{(10)} = 13.729$, $p = .186$) beim Abbiegen teilweise deutlich von der Idealspur abkommen. Wie in Tabelle 29 zu sehen, sind 14 % der Egofahrzeuge mindestens eine Fahrzeugbreite von der Idealspur entfernt, 13 % von ihnen sogar auf der Gegenspur. Dies hat zu Folge, dass es nicht zum erwünschten kritischen Moment zwischen Fahrrad und Ego-fahrzeug kommt und somit bei mehr als einem Viertel der Probanden keine Reaktion auf das Fahrrad erforderlich war. Dies zeigt sich auch in der Anzahl der Bremsmanöver

(Kontrollfahrt = 5, SuRT = 7, Farbfolge = 5). Insgesamt haben 55 (76 %) der 72 Probanden nach dem Abbiegen nicht gebremst ($\chi^2_{(2)} = .616$, $p = .735$) und es kam zu keinerlei Kollisionen.

Tabelle 28: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 5.

| Variable Szenario 5 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|--|---------------|------|-------|------|-----------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 26.25 | 7.28 | 24.90 | 5.21 | 27.52 | 8.21 |
| Bremsreaktionszeit | 1.51 | 0.21 | 1.57 | 0.17 | 1.42 | 0.27 |
| Maximaler Bremsdruck | 1.87 | 1.72 | 1.25 | 1.16 | 3.57 | 3.05 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 1.79 | 0.24 | 1.81 | 0.17 | 1.89 | 0.12 |
| Bremsdauer | 2.14 | 0.22 | 2.25 | 0.38 | 1.58 | 1.98 |
| Abstand wenn Objekt IS kreuzt | 7.48 | 3.03 | 6.92 | 1.00 | 6.57 | 2.26 |
| Abweichung IS wenn Objekt IS kreuzt | 0.74 | 0.61 | 0.61 | 0.73 | 0.95 | 0.74 |

Tabelle 29: Abweichung von der Idealspur nach dem Abbiegevorgang wenn das kritische Objekt (Radfahrer) die Idealspur kreuzt, für das Szenario 5.

| Abweichung von der Idealspur – Szenario 5 | Abweichung [m] | BL [%] | SuRT [%] | Farbfolge [%] | Gesamt [%] |
|---|----------------|--------|----------|---------------|------------|
| geringe Abweichung | < 0.3 m | 12.5 | 16.7 | 0 | 9.7 |
| merkliche Abweichung | > 0.3 m | 16.7 | 12.5 | 45.8 | 25.0 |
| halbe Fahrzeugbreite | > 0.9 m | 41.7 | 45.8 | 29.2 | 38.9 |
| ganze Fahrzeugbreite | > 1.8 m | 16.7 | 8.3 | 16.7 | 13.9 |
| Fahrzeug im Gegenverkehr | > 2.6 m | 12.5 | 16.7 | 8.3 | 12.5 |

Insgesamt zeigt sich in diesem peripher/unvorhersehbarem Szenario damit kein Effekt der Nebenaufgaben. Dies ist allerdings vermutlich dadurch begründet, dass in einem großen Teil der Fälle das kritische Ereignis nicht wie geplant realisiert wurde. Damit ist diese Situation nicht wirklich zu bewerten.

4.3.2.3.2. Szenario 6

Im sechsten Szenario (vgl. Abbildung 44) unterscheiden sich die Gruppen *Kontrollfahrt*, *SuRT* und *Farbfolge* hinsichtlich der Bremsdauer signifikant und der Bremsreaktionszeit tendenziell voneinander (siehe Tabelle 30). Wie in Abbildung 45 (links) zu

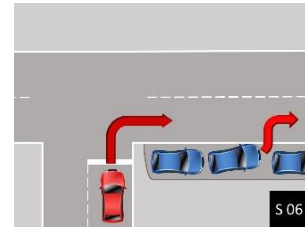


Abbildung 44: Szenario 6.

sehen, bremsen die Probanden der *Kontrollfahrt* und die der *Farbfolge*-Bedingung mit 2.79 Sekunden und 2.74 Sekunden vergleichbar kurz, während die Bremsdauer in der *SuRT*- Bedingung mehr als zwei Sekunden länger war (siehe Tabelle 31). Auch bei der Bremsreaktionszeit reagieren die Probanden der *Kontrollfahrt* und die der *Farbfolge* mehr als eine Sekunde früher und somit deutlich schneller als die Probanden der *SuRT* (vgl. Abbildung 45 rechts). Die übrigen Fahrparameter weisen keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf.

Tabelle 30: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 6.

| Variable Szenario 6 | $F_{2,41}$ | p | η_p^2 |
|---|------------|---------------|------------|
| Geschwindigkeit | .188 | .831 | .026 |
| Bremsreaktionszeit | 2.889 | .089 | .292 |
| Maximaler Bremsdruck | 2.463 | .121 | .260 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | .560 | .583 | .074 |
| Bremsdauer | 4.082 | .040 * | .368 |
| Abstand wenn Objekt losfährt | .149 | .863 | .021 |
| Abweichung IS wenn Objekt losfährt | .338 | .719 | .046 |

* Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$.

Auch bei diesem Szenario wurde die Präzision des Abbiegens näher betrachtet, um Aussagen über die Kritikalität der Situation treffen zu können. Wie aus Tabelle 32 zu entnehmen ist, war es den Probanden, ähnlich wie in Szenario 5, auch in diesem Szenario nicht möglich, die Idealspur während des Abbiegens zu halten. Dieses Abbiegeverhalten war unabhängig von der Nebenaufgabe ($\chi^2_{(6)} = 3.918, p = .688$). Insgesamt war ein Viertel der Probanden nach dem Abbiegen eine ganze Fahrzeugbreite von der Idealspur entfernt, sodass es nicht zum kritischen Moment zwischen Ego-Fahrzeug und dem ausparkendem PKW kam. Als Folge haben 55 Probanden (76 %) keine Bremsreaktion gezeigt. In der *Farbfolge*-

Bedingung bremsten drei, bei der *SuRT* sechs und bei der *Kontrollfahrt* acht der jeweils 24 Probanden ($\chi^2_{(2)} = 2.926, p = .232$). In der *Kontrollfahrt* kam es zu einer Kollision.

Tabelle 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 6.

| Variable Szenario 6 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|---|---------------|------|-------|------|-----------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 22.72 | 4.74 | 21.58 | 5.97 | 23.81 | 5.38 |
| Bremsreaktionszeit | 1.81 | 0.35 | 4.11 | 3.15 | 1.73 | 0.37 |
| Maximaler Bremsdruck | 1.79 | 1.89 | 0.06 | 1.26 | 2.36 | 2.01 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 2.38 | 0.35 | 3.86 | 4.64 | 2.33 | 0.36 |
| Bremsdauer | 2.79 | 0.45 | 5.70 | 3.33 | 2.74 | 0.32 |
| Abstand wenn Objekt losfährt | 12.40 | 1.09 | 12.65 | 0.64 | 12.66 | 1.08 |
| Abweichung IS wenn Objekt losfährt | 0.21 | 0.71 | 0.63 | 0.53 | 0.05 | 0.77 |

Tabelle 32: Abweichung von der Idealspur nach dem Abbiegevorgang zum Zeitpunkt des Losfahrens des Kritischen Objekts (ausparkender PKW) in Szenario 6.

| Abweichung von der Idealspur – Szenario 6 | Abweichung [m] | BL [%] | SuRT [%] | Farbfolge [%] | Gesamt [%] |
|---|----------------|--------|----------|---------------|------------|
| geringe Abweichung | < 0.3 m | 12.5 | 25.0 | 16.7 | 18.1 |
| merkliche Abweichung | > 0.3 m | 33.3 | 41.7 | 33.3 | 36.1 |
| halbe Fahrzeugbreite | > 0.9 m | 29.2 | 16.7 | 16.7 | 20.8 |
| ganze Fahrzeugbreite | > 1.8 m | 25.0 | 16.7 | 33.3 | 25.0 |
| Fahrzeug im Gegenverkehr | > 2.6 m | 0 | 0 | 0 | 0 |

Insgesamt führt damit in diesem peripher/unvorhersehbaren Szenario die visuell-motorische Nebenaufgabe zu einer erhöhten Reaktionszeit und einer verlangsamten Reaktion, während sich dieser Effekt für die akustisch-sprachliche kognitiv beanspruchende Aufgabe nicht zeigt.

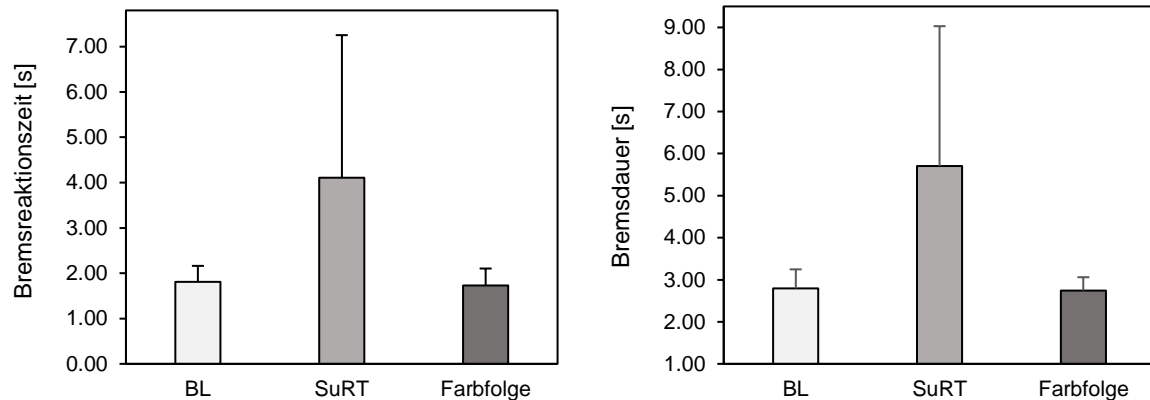


Abbildung 45: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter Bremsreaktionszeit (links) und Bremsdauer (rechts) für das Szenario 6.

4.3.2.4. Unvorhersehbar-zentrale Szenarien

In diesen Szenarien würde man eine Beeinträchtigung durch die visuell-motorische Aufgabe erwarten, da das kritische Ereignis zu spät gesehen wird. Eine Beeinträchtigung durch die akustisch-sprachliche Aufgabe ist dagegen nicht zu erwarten, da weder von der aktiven Informationssuche her noch von der Antizipation besondere kognitive Anforderungen in der Fahrsituation auftreten, die mit dieser Nebenaufgabe interferieren könnten.

4.3.2.4.1. Szenario 7

Im siebten Szenario (vgl. Abbildung 46) konnten keine Effekte zwischen den drei Gruppen nachgewiesen werden (siehe Tabelle 33). Die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 34 entnommen werden. Des Weiteren wurden keine Kollisionen aufgezeichnet. Von den 72 Probanden haben 60 % (*Kontrollfahrt* = 14, *SuRT* = 17, *Farbfolge* = 12) keine Bremsreaktion auf das Fahrmanöver des Gegenverkehrs gezeigt. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist statistisch nicht relevant ($\chi^2_{(2)} = 2.194$, $p = .334$).

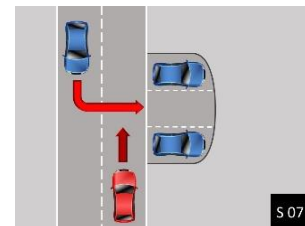


Abbildung 46: Szenario 7.

Insgesamt zeigen sich in diesem zentral/unvorhersehbarem Szenario keine negativen Effekte der beiden Nebenaufgaben.

Tabelle 33: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 7.

| Variable Szenario 7 | $F_{2,26}$ | p | η_p^2 |
|--|------------|------|------------|
| Geschwindigkeit | 1.714 | .200 | .117 |
| Geschwindigkeit, wenn Objekt losfährt | 1.930 | .165 | .129 |
| Geschwindigkeit Ende Bremse | .265 | .769 | .020 |
| Bremsreaktionszeit | 2.002 | .155 | .133 |
| Maximaler Bremsdruck | .090 | .914 | .007 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 1.547 | .232 | .139 |
| Abstand zum Objekt bei Manöverbeginn | 2.223 | .128 | .146 |
| Abstand zum Objekt bei RT Bremse | 1.856 | .176 | .125 |
| Abstand zum Objekt bei Ende Bremse | .512 | .605 | .038 |

Tabelle 34: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 7.

| Variable Szenario 7 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|--|---------------|-------|-------|------|-----------|-------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 51.80 | 3.12 | 49.73 | 3.95 | 49.16 | 3.35 |
| Geschwindigkeit, wenn Objekt losfährt | 51.26 | 3.08 | 51.12 | 2.12 | 48.75 | 3.96 |
| Geschwindigkeit Ende Bremse | 27.47 | 14.18 | 31.03 | 9.77 | 26.89 | 12.12 |
| Bremsreaktionszeit | 0.95 | 0.17 | 1.16 | 0.26 | 1.01 | 0.22 |
| Maximaler Bremsdruck | 2.81 | 1.94 | 2.88 | 1.62 | 2.55 | 1.88 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 1.52 | 0.15 | 2.98 | 3.35 | 1.57 | 0.23 |
| Abstand zum Objekt bei Manöverbeginn | 44.13 | 0.20 | 44.39 | 0.27 | 44.28 | 0.29 |
| Abstand zum Objekt bei RT Bremse | 25.44 | 3.05 | 21.70 | 4.78 | 24.51 | 4.27 |
| Abstand zum Objekt bei Ende Bremse | 9.29 | 2.96 | 7.96 | 3.19 | 9.58 | 3.93 |

4.3.2.4.2. Szenario 8

Wie aus Tabelle 35 zu entnehmen ist, konnten auch im achten Szenario (vgl. Abbildung 47) keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen *Kontrollfahrt*, *SuRT* und *Farbfolge* nachgewiesen werden. Die Mittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen können Tabelle 36 entnommen werden. Zudem wurden keine Kollisionen erfasst. Insgesamt reagierten

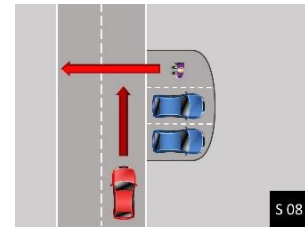


Abbildung 47: Szenario 8.

64 der Probanden (89 %) mit einer Bremsreaktion auf den querenden Fußgänger. Keine Bremsreaktion zeigten insgesamt acht Probanden, zwei Probanden der *Kontrollfahrt*, fünf der *SuRT*-Bedingung, ein weiterer in der *Farbfolge*-Bedingung. Diese Unterschiede sind statistisch nicht relevant ($\chi^2_{(2)} = 3.656, p = .161$).

Auch in diesem zentral/unvorhersehbaren Szenario ließen sich keine negativen Effekte der Nebenaufgaben finden.

Tabelle 35: Ergebnisse der MANOVA für das Szenario 8.

| Variable Szenario 8 | $F_{2,61}$ | p | η_p^2 |
|------------------------------------|------------|------|------------|
| Geschwindigkeit | 1.249 | .294 | .039 |
| Geschwindigkeit bei Mindestabstand | .809 | .450 | .026 |
| Bremsreaktionszeit | .599 | .553 | .019 |
| Maximaler Bremsdruck | 1.548 | .221 | .048 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 1.920 | .155 | .059 |
| Abstand zum Objekt Ende Bremse | 1.691 | .193 | .053 |
| Mindestabstand zum Objekt | .130 | .879 | .004 |

Tabelle 36: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fahrparameter für das Szenario 8.

| Variable Szenario 8 | Kontrollfahrt | | SuRT | | Farbfolge | |
|---|---------------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Geschwindigkeit | 47.33 | 4.88 | 46.79 | 4.70 | 49.04 | 5.04 |
| Geschwindigkeit bei Mindestabstand | 28.95 | 12.83 | 28.11 | 10.40 | 24.81 | 10.96 |
| Bremsreaktionszeit | 2.06 | 0.27 | 2.14 | 0.22 | 2.06 | 0.24 |
| Maximaler Bremsdruck | 2.21 | 1.57 | 2.06 | 1.34 | 2.92 | 2.10 |
| Zeit bis maximaler Bremsdruck | 2.39 | 1.10 | 2.15 | 1.61 | 2.80 | 0.24 |
| Abstand zum Objekt Ende Bremse | 10.29 | 4.10 | 9.60 | 3.11 | 8.35 | 3.44 |
| Mindestabstand zum Objekt | 5.54 | 2.55 | 5.18 | 2.04 | 5.27 | 2.43 |

4.4. Diskussion

Das zentrale Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, inwieweit die kognitive Beanspruchung durch eine Nebenaufgabe, insbesondere bei Fahraufgaben, die selbst kognitive Ressourcen erfordern, zu Beeinträchtigungen führen, die bei kognitiv einfachen Fahraufgaben nicht auftreten. Dies sollte im Vergleich zu einer rein visuell-motorischen Nebenaufgabe untersucht werden, für die man in allen untersuchten Situationen lediglich Beeinträchtigungen der Reaktionsfähigkeit erwarten würde.

Hohe kognitive Anforderungen in der Fahraufgabe (es werden kognitive Ressourcen benötigt, um die Situation sicher zu bewältigen) sollten durch peripher auftauchende kritische Objekte und eine hohe Vorhersehbarkeit erreicht werden. Um peripher auftauchende kritische Objekte zu erkennen, muss aktiv nach Informationen gesucht werden. In vorhersehbaren Situationen muss also aus dem sichtbaren Verhalten der kritischen Objekte frühzeitig erkannt werden, dass sich hier eine kritische Situation entwickelt (Antizipation). Besonders hoch sind die kognitiven Anforderungen in der Fahraufgabe, wenn beide Faktoren (peripheres kritisches Objekt und Antizipation) zusammenkommen. Tabelle 37 fasst die wesentlichen Ergebnisse aus dem Fahrverhalten zusammen.

Tabelle 37: Zusammenfassung der Ergebnisse hinsichtlich der Anforderungen durch die Szenarien sowie der Beanspruchung durch die Nebenaufgaben.

| | Unvorhersehbar | Vorhersehbar |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| Peripher | KBF: hoch | KBF: sehr hoch |
| | VM: negativ | VM: negativ |
| | SA: kein Effekt | SA: negativ |
| Zentral | KBF: niedrig | KBF: hoch |
| | VM: kein Effekt | VM: negativ |
| | SA: kein Effekt | SA: kein Effekt |

Anmerkungen. KBF = Kognitive Anforderungen in der Fahraufgabe

VM = visuell-motorische Nebenaufgabe

SA = sprachlich-akustische Nebenaufgabe, kognitiv beanspruchend

Wie sich in Tabelle 37 rechts oben zeigt, ist in peripher vorhersehbaren Szenarien ein sehr deutlicher negativer Effekt der sprachlich-akustischen Nebenaufgabe zu finden, der dem Effekt der visuell-motorischen Ablenkung vergleichbar ist. Wie die Zellen links oben (peripher, aber unvorhersehbar) und rechts unten (vorhersehbar, aber zentral) zeigen, genügt es allerdings nicht, wenn hohe kognitive Anforderungen nur durch einen der beiden Aspekte entstehen. In beiden Situationen führte zwar die visuell-motorische Nebenaufgabe zu Beeinträchtigungen der Reaktion, nicht aber die sprachlich-akustische Aufgabe. Dies ist durchaus im Einklang mit dem Modell von Wickens (1980, 2008), in dem die Ressourcen teilbar, aber begrenzt sind. Eine Interferenz tritt nur auf, wenn die Kapazität der jeweiligen Ressource überschritten wird. Dementsprechend scheinen in diesen beiden Situationen (peripher/unvorhersehbar, zentral/vorhersehbar) die kognitiven Anforderungen durch die Fahraufgabe und die Nebenaufgabe gemeinsam nicht so hoch zu sein, dass diese kognitiven Ressourcen an die Grenzen ihrer Kapazität geraten.

Erwartungsgemäß zeigt sich in den Szenarien, in denen die kognitiven Anforderungen durch die Fahrsituation gering sind (zentral/unvorhersehbar, Tabelle 37, rechts unten), kein negativer Effekt der sprachlich-akustischen, kognitiven Nebenaufgabe. Allerdings führt hier auch die visuell-motorische Aufgabe wider Erwarten zu keinen Beeinträchtigungen. Hier könnte eine Rolle spielen, dass die Probanden alle acht Situationen erlebt hatten. Dadurch entstand mit der Zeit die Erwartungshaltung, dass in der Simulation ein kritisches Ereignis auftauchen könnte. Auch wenn diese sehr unterschiedlich waren, sodass sie

möglichst wenig vorhersehbar sein sollten, könnte diese Erwartungshaltung dazu geführt haben, dass die Fahrer gerade bei der Bearbeitung der visuell-motorischen Nebenaufgaben sehr vorsichtig und wachsam arbeiteten, was den negativen Effekt der Nebenaufgabenbearbeitung auf die Fahrleistung dämpfte. Einen solchen Effekt berichten z.B. Victor et al. (2014) in ihrer Auswertung von Auffahrunfällen. Die Autoren fanden in diesen Unfällen mit unvorhersehbar bremsenden Vorderfahrzeugen im zentralen Blickfeld der Fahrer kein erhöhtes Risiko für das Schreiben von Textnachrichten. In ihrer Studie hatte sich auch gezeigt, dass Telefonieren in solchen Situationen sogar zu einer Verringerung des Unfallrisikos führte.

Insgesamt zeigt sich, dass auch sprachlich-akustische Nebentätigkeiten, die aber kognitiv beanspruchend sind, zu Interferenzen mit der Fahraufgabe führen können. Allerdings treten diese nur in Fahrsituationen auf, in denen ein sicheres Verhalten hohe Anforderungen an kognitive Ressourcen stellt. Dies trifft zu, wenn sowohl im peripheren Sichtbereich Informationen gesucht werden müssen, als auch wenn aus diesen Informationen eine Antizipation des weiteren Verhaltens dieser kritischen Objekte vorgenommen werden muss. Ist dies der Fall, führt auch die sprachlich-akustische Nebentätigkeit, wenn sie hoch beanspruchend ist, zu verzögerten und langsameren Reaktionen.

Um diesen Effekt zu bestätigen und zu replizieren, wäre ein Vergleich verschiedener sprachlich-akustischer Nebentätigkeiten interessant, die sich in dem Ausmaß an Anforderung an kognitive Verarbeitung unterscheiden. Auch eine differenzierte Untersuchung unterschiedlicher Aspekte der Kognition (Arbeitsgedächtnis, Problemlösen, mentale Vergleiche usw.) könnte Aufschlüsse darüber geben, welche Art von Aufgaben weniger oder mehr mit dem Fahren interferieren.

Weiter wäre es interessant, den Effekt abzusichern, dass bei Fahraufgaben, die wenig kognitive Anforderungen stellen, zwar eine visuell-motorische Aufgabe zu Interferenzen führt, nicht aber eine sprachlich-akustische, auch wenn letztere kognitiv hoch beanspruchend ist. Zur Absicherung könnte es ausreichend sein, dieselben Situationen wie in dieser Studie zu verwenden, diese allerdings nur ein oder zweimal erleben zu lassen, um so dem Erwartungseffekt zu vermeiden, der bereits oben diskutiert wurde.

Unter Anwendungsaspekten erscheinen diese Ergebnisse auch bedeutend, da sie zur Vorsicht mahnen, akustisch-sprachliche Nebentätigkeiten und insbesondere Bedienmöglichkeiten unkritisch als sichere Alternative zur Nutzung während der Fahrt zu empfehlen.

Eine einfache Prüfsituation, wie z.B. die in der Vergangenheit oft genutzte Lane Change Task, kann natürlich keine negativen Effekte akustisch-sprachlicher kognitiver Nebentätigkeiten finden, da die dargestellte Fahraufgabe kaum kognitive Anforderungen stellt und daher die kognitive Ressource nicht an ihren Kapazitätsgrenzen bringt. Im realen Straßenverkehr hingegen sind durchaus entsprechend komplexe Fahrsituationen zu finden.

Die subjektive Bewertung der Szenarien seitens der Probanden ist weniger positiv zu bewerten. Lediglich eins der vier vorhersehbaren Szenarien (Szenario 1) wurde eindeutig als vorhersehbar beurteilt. Als subjektiv am wenigsten vorhersehbar stellte sich dabei das zweite Szenario dar. Obwohl der Fußgänger aus großer Distanz zu sehen und seine Querungsabsicht erkennbar war, ist die Bewertung der Vorhersehbarkeit niedriger als bei den drei als nicht vorhersehbar konzipierten Szenarien, und das unabhängig vom Vorhandensein oder Art der Nebenaufgabe. Fraglich ist, zum einen anhand welcher Kriterien die Probanden die Vorhersehbarkeit einer Situation beurteilen und zum anderen, ob dieses Urteil an sich zuverlässig ist. Die Ergebnisse der Untersuchung sprechen eher dafür, dass die konzipierten Szenarien sehr wohl den Kriterien der Vorhersehbarkeit/Unvorhersehbarkeit entsprechen.

Vergleichbar kritisch ist auch die Bewertung der eigenen Fahrleistung sowie des Einflusses der Nebenaufgaben auf die Fahrperformanz zu sehen. Der Einfluss der Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten wird in beiden Experimental-Gruppen vergleichbar als „mittel“ bis „stark“ bewertet. Der Einfluss der Nebenaufgabe scheint sich jedoch nicht in der Bewertung der eigenen Fahrleistung niederzuschlagen. Diese wurde gruppenübergreifend in allen acht Szenarien, wie auch für die gesamte Fahrt als mittel bis gut bewertet. Obwohl also der Einfluss der Nebenaufgabe, also auch ihre Ablenkungswirkung, in beiden Gruppen als stark bewertet wird, gibt es keine Bewertungsunterschiede zur Kontrollgruppe bei der Einschätzung der persönlichen Fahrleistung. Zudem zeigt die geringe Anzahl an Kollisionen, dass die Probanden vorsichtig und auch umsichtig gefahren sind, was im gängigen Sinne für ein „gute“ Fahrperformanz steht. Es ist also fraglich, ob bzw. wie gut die Probanden das eigene Fahrverhalten (und auch den Einfluss der Nebenaufgabe darauf) beurteilen können.

Obwohl die Szenarien im Hinblick auf die objektiven Parameter gut gelungen scheinen, zeigt die Überprüfung des Abbiegevorgangs in den unvorhersehbar-peripheren Szenarien 5 und 6 z.B. deutliche Schwierigkeiten der Probanden, auf der eigenen Fahrspur zu bleiben. Im fünften Szenario fahren 65 % der Probanden an dem kritischen Objekt vorbei, in Szenario 6 sind es immerhin noch 46 %. Da sich der Abbiegevorgang in allen drei Gruppen

ähnlich gestaltete, sind die damit verbundenen Schwierigkeiten in der Spur zu bleiben demzufolge kein Effekt der Doppelaufgabenperformanz und ist teilweise, wenn nicht sogar gänzlich, der geringen Fahrerfahrung der Probanden zu zuschreiben. Diese zeigt sich durch den Versuch, ohne Berücksichtigung des fahrzeugbedingten Wendekreises abzubiegen, was zwangsläufig zur Folge hatte, dass das Egofahrzeug zum Teil weit in den Gegenverkehr geraten ist. Aufgrund der großen Abweichung von der Idealspur, also der Mitte des Fahrstreifens, und der damit verbundenen geringen Geschwindigkeit während des Abbiegevorgangs wurde kein kritischer Moment herbeigeführt, sodass größtenteils (76 %) keine Bremsreaktion seitens der Probanden erforderlich war. Um den Abbiegevorgang zu optimieren und so auch die Kritikalität des Szenarios zu gewährleisten, sollte die Kreuzung entsprechend angepasst werden, indem der Kreuzungswinkel der Straßen zueinander vergrößert wird (T-Kreuzung zu Y-Kreuzung). Dies würde den Probanden das Abbiegen erleichtern, wodurch sie besser in ihrer Fahrspur bleiben und so kontrollierter auf das kritische Objekt treffen würden. Auch das siebte Szenario bedarf einer Optimierung. Die wenigen Bremsreaktionen der Probanden zeigen deutlich, dass es auch diesem Szenario an Kritikalität fehlt. Zwar ist das Verhalten des kritischen Objekts unvorhersehbar, findet jedoch in einem zu großen Abstand zu Egofahrzeug statt, sodass auch hier keine Reaktion vom Probanden erforderlich war. Folglich sollten für zukünftige Untersuchungen Anpassungen an den genannten Szenarien vorgenommen werden.

5. Gesamtdiskussion

Wie einleitend dargestellt, wurde das Modell Multipler Ressourcen nach Wickens (1980, 2008) gewählt, um die Auswirkungen von Ablenkung durch IKS-Nutzung beim Autofahren zu erklären. Anhand dieses Modells sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, welche Arten von Ablenkung durch Nebentätigkeiten besonders starken Einfluss auf die Fahrleistung haben.

Die Analyse der zahlreichen experimentellen Studien mittels Meta-Analyse verdeutlichen die Auswirkungen unterschiedlicher IKS-Bedienaufgaben beim Autofahren. Die empirischen Ergebnisse sind dabei theoriekonform mit dem Modell Multipler Ressourcen von Wickens (1980, 2008). Es zeigt sich, dass Tätigkeiten umso stärker mit dem Autofahren interferieren, je ähnlicher sie diesem hinsichtlich der Anforderungen an die Ressourcen sind. Dies gilt insbesondere für räumliche Aufgaben mit visueller Informationsaufnahme und manueller Reaktion.

Dieses Ergebnis wurde in der ersten Simulatorstudie mit der Frage weiterverfolgt, inwiefern die beim Autofahren ungenutzten Ressourcen (z.B. auditiver Kanal) für zusätzliche Informationen zur Verfügung stehen, und die über die ungenutzten Ressourcen dargebotene Informationen dabei dem Fahrer nützen, das Fahren jedoch nicht beeinträchtigen. Da die Aufnahme und Verarbeitung von Informationen im Alter beeinträchtigt ist (Schlag, 1993), wurden für diesen Versuch Fahrer/innen im Alter von 65 und älter ausgewählt. Die Gruppe der Senioren sollte sich hier besonders anfällig für Interferenzen in Folge von ausgeschöpften Kapazitäten zeigen. Aus diesem Grund sollte die sprachliche Informationsgabe besonders nutzbringend für diese Fahrergruppe sein. Die Ergebnisse der Simulatorstudie bestätigen diese Annahmen. Das sprachliche IS zeigte keine Ablenkungswirkung auf die Fahrparameter. Zudem konnte eine hohe Akzeptanz dieses Systems seitens der Probanden nachgewiesen werden.

Übereinstimmend damit wurden auch die widersprüchlichen Befunde zur Auswirkung des Telefonierens beim Fahren von Redelmeier und Tibshirani (1997) kritisiert. Young (2013) zufolge ist das erhöhte Unfallrisiko auf das falsche methodische Vorgehen in der Untersuchung zurückzuführen. Entsprechend konnten Victor et al. (2014) ein 10fach niedrigeres Unfallrisiko für Sprachdialoge beim Fahren nachweisen. Relevante Aspekte der Fahrsituation konnten, durch den nach vorne gerichteten Blick während des Telefonats, eher vom Fahrer wahrgenommen (gesehen) werden. Dies gilt jedoch nur für Auffahrunfälle, also für Situationen, in denen sich das Geschehen zum einen im zentralen Blickfeld abspielt und

zum anderen nicht antizipierbar ist. Folglich stellt sich die Frage, welche Auswirkungen die kognitive Beanspruchung in peripheren, antizipierbaren Situationen hat. Hier muss der Fahrer zunächst aktiv nach Informationen in seiner Umgebung suchen. Die Situation muss dann im weiteren Prozess verstanden werden (Was passiert gerade?), und es muss vorausgeahnt werden, was passieren wird. Diese Fragestellung wurde in der zweiten Simulatorstudie untersucht.

Die Ergebnisse der zweiten Studie zeigen, dass sprachliche Informationen beim Fahren nicht zwangsläufig ohne Auswirkungen bleiben. In komplexen Fahrsituationen haben nicht nur visuelle, sondern auch sprachlich-akustische Informationen negative Auswirkungen auf die Fahrleistung. Dies zeigt der Vergleich von Szenarien mit unterschiedlicher kognitiver Beanspruchung.

Hohe Anforderungen an die Kognition resultieren zum einen aus der aktiven Suche nach Informationen in der Fahrsituation und der Antizipation, also der Möglichkeit das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer vorherzusehen (Endsley, 1995). Folglich kommt es in peripheren, antizipierbaren Fahrsituationen zu Interferenzen durch die Aufgabenbearbeitung und somit zu Einbußen in der Fahrperformanz. Im Umkehrschluss stellen Handlungen, die sich im zentralen Blickfeld des Fahrers abspielen und zudem nicht vorhersehbar sind, keine hohen Anforderungen an die Kognition des Fahrers. Berücksichtigt werden sollte weiterhin, dass zusätzlich zu der kognitiven Verarbeitung der Fahrsituation, auch die reine Fahraufgabe, wenn auch nur punktuell, auf die verbal-kognitive Ressource (z. B. bei der Verarbeitung von Straßenschildern) angewiesen ist.

Praktische Konsequenz aus diesen Ergebnissen ist, dass eine sprachliche Präsentation von Informationen, die Sprachsteuerung von IKS, etc. mit Vorsicht zu betrachten ist. Zweifelsfrei können diese in einfachen Situationen mit zentralen Reizen, wie in der ersten Untersuchung verwendet wurden, von großem Vorteil sein und die Auswirkungen visuell dargebotener Informationen bzw. manuell gesteuerter Systeme verringern. Allerdings haben sprachlich-akustische Systeme, wie die Ergebnisse der zweiten Untersuchung deutlich zeigen, nicht in allen Situationen diese Wirkung. Von Nutzen könnte daher ein Situationserkenner sein, der eine Bedienung dieser Systeme nur dann zulässt, wenn es die Situation auch erlaubt. Bei der Gestaltung von sprachlichen Systemen sollte zudem versucht werden, die Aufgaben möglichst einfach zu halten. Dabei könnte es sinnvoll sein, anstatt komplexer Dialoge, die hohe kognitive Anforderungen an den Fahrer stellen, die Informationen mittels einfachen Vokabulars und einzelner Worte zu vermitteln.

Trotz der Nutzung unterschiedlicher Ressourcen durch zwei verschiedene Aufgaben, können in komplexen Situationen dennoch Interferenzen auftreten, die zu Leistungseinbußen führen. Augenscheinlich kann das Modell Multipler Ressourcen (Wickens, 1980, 2008) die Prozesse der kognitiven Ressource nicht vollständig erklären. Vielmehr scheint es einen „Flaschenhals“ in der zentralen Handlungssteuerung zu geben, wodurch die Kapazität der kognitiven Verarbeitung reduziert wird und es zu Leistungseinbußen kommt. Folglich scheint das Ressourcen-Modell von Wickens (1980, 2008) unvollständig, wobei zur Klärung dieser Annahme Grundlagenversuche notwendig wären. In Bezug auf das Telefonieren beim Fahren gilt das Modell daher nur mit Einschränkungen. Während es für einfache, zentrale Situationen anwendbar ist, stößt es in komplexen Situationen an seine Grenzen und kann die, trotz der Verwendung unterschiedlicher Ressourcen, auftretenden Interferenzen nicht erklären. Zur Aufklärung dieser Problematik wären gezielte Untersuchungen notwendig. Zudem ist aus den dargestellten Ergebnissen kein Schluss auf ein Unfallrisiko zu ziehen, da unbekannt ist, wie häufig entsprechend komplexe Situationen auftreten und wie häufig in diesen wiederum hoch beanspruchende sprachlich-akustische Nebentätigkeiten durchgeführt werden.

Somit ist beim Telefonieren während des Fahrens Vorsicht angebracht. Denn je komplexer das Telefonat und die Fahrsituation sind, desto höher ist der kognitive Anspruch beider Aufgaben an den Fahrer und desto eher kann sich das Telefonieren negativ auf die Fahrleistung auswirken. Dabei sind die Leistungseinbußen unabhängig davon, ob eine Telefon in der Hand gehalten wird oder in einer Halterung steckt, wie die Untersuchungen von Horrey & Wickens (2004), Crisler et al. (2008), Laberge et al. (2004), Hosking & Regan (2007) und Hancock et al. (2003) zeigen. Maßgeblich für die Auswirkungen auf die Fahrleistung ist der kognitive Anspruch durch die Nebenaufgabe und, wie die zweite Untersuchung zeigte, auch die kognitive Anforderung seitens der Fahrsituation. Vor diesem Hintergrund scheint die gesetzliche Regelung der Nutzung von IKS-Geräten (StVO, § 23 Abs.1) in Deutschland verbesserungswürdig. Laut Straßenverkehrsordnung ist die Bedienung/Nutzung von IKS nur dann zulässig, wenn diese sprachlich erfolgt und lediglich kurze, dem Fahrgeschehen angepasste Blickabwendungen stattfinden. Die kognitive Komponente der IKS-Nutzung wird hierbei unberücksichtigt gelassen.

Die größte Limitation der vorliegenden Arbeit ist die Versuchsumgebung der beiden Experimente. In beiden Fällen handelt es sich um Simulatorstudien, welche mit einer Einschränkung der Generalisierbarkeit einhergehen. Zum einen handelt es sich dabei um

angeleitete Nebenaufgaben, zum anderen um sehr spezielle Situationen, welche die Übertragbarkeit des Unfallrisikos erschweren. Zwar wurde versucht, die Szenarien realitätsnah zu gestalten, dennoch sind sie nicht mit Situationen während einer Realfahrt vergleichbar. Eine weitere Einschränkung stellen die Szenarien des zweiten Simulatorversuchs dar. Um diesen zu replizieren, müssten die Szenarien teilweise überarbeitet und verbessert werden. Darüber hinaus wären weitere Variationen der Nebenaufgaben unerlässlich, um zu überprüfen, welche Nebenaufgaben welche Interferenzen zu Folge haben.

Aufgrund der positiven Effekte durch eine geeignete Informationsdarbietung sollten die ersten Ansätze der sprachlichen Unterstützung bzw. Sprachassistenten durchaus weiterverfolgt werden; für die Fahrsicherheit sind sprachliche Nebentätigkeiten jedoch nicht uneingeschränkt zu empfehlen. Dies ist insbesondere im Rahmen der Automation problematisch. Für die Hochautomation konnten Vogelpohl, Vollrath, Kühn, Hummel & Gehlert (2016) deutlich höhere Übernahmezeiten infolge von hoher visuell-motorischer Ablenkung nachweisen. Problematischer ist die Ablenkung jedoch bei der, dem Fahrer bereits heutzutage zur Verfügung stehenden, Teilautomation. Hier muss der Fahrer nichts weiter tun, als das System zu überwachen. Die Ressource der visuellen Wahrnehmung ist dann zwar vorhanden, das Verständnis für die Situation (Situationsbewusstsein) kann allerdings aufgrund von Vigilanzeffekten verloren gehen, da es dem Fahrer schwerfällt, mental bei seiner Aufgabe, dem reinen Überwachen, zu bleiben. Eine zusätzliche Ablenkung auf Grund weiterer kognitiver Prozesse hätte, im Vergleich zur manuellen Fahrt, noch stärkere Leistungseinbußen zur Folge, da Informationen die Fahrsituation betreffend nicht mehr verarbeitet werden würden. Folglich ist eine kognitive Nebenaufgabe wie das Telefonieren damit noch weniger zu empfehlen.

Literatur

- * Alvarez, I., Alnizami, H., Dunbar, J., Jackson, F. & Gilbert, J. E. (2015). Help on the road: Effects of vehicle manual consultation in driving performance across modalities. *Int. J. human-Computer Studies*, 73, 19–29.
- Anstey, K. J., Wood, J., Lord, S., & Walker, J. G. (2005). Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clinical psychology review*, 25(1), 45–65
- * Beede, K. E., & Kass, S. J. (2006). Engrossed in conversation: The impact of cell phones on simulated driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 415–421.
- * Biondi, F. Turill, J. M., Coleman, J. R., Cooper, J. M. & Strayer, D. L. (2015). Cognitive Distraction Impairs Drivers' Anticipatory Glances: an On-Road Study. *Proceedings of the Eighth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*. Salt Lake City, Utah. Iowa City, IA: Public Policy Center, University of Iowa.
<https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1546&context=drivingassessment>
- Borkenstein RF, Crowther RF, Shumate RP, Zylman R. The role of the drinking driver in traffic accidents (The Grand Rapids Study). *Blutalkohol* 1974; 11(suppl 1), 7–13.
- Broberg, T., & Willstrand, T. D. (2014). Safe mobility for elderly drivers - Considerations based on expert and self-assessment. *Accident Analysis and Prevention*, 66, 104–113.
- * Burns, P. C., Parkes, A., Burton, S., Smith, R. K., & Burch, D. (2002). How Dangerous is Driving with a Mobile Phone? Benchmarking the Impairment to Alcohol. *TRL Report 547*. Great Britain: TRL.
- Campbell, K. L. (2012). The SHRP 2 naturalistic driving study: Addressing driver performance and behavior in traffic safety. *TR News*, (282).
- Carsten, O., Hibberd, D., Bärghman, J., Kovaceva, J., Pereira Cocron, M.S., Dotzauer, M., & Forcolin, F. (2017). *Driver Distraction and Inattention*. UDRIVE Deliverable 43.1. EU FP7 Project UDRIVE Consortium. https://doi.org/10.26323/UDRIVE_D43.1
- * Charlton, S. G. (2004). Perceptual and attentional effects on drivers' speed selection at curves. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 877–884.
- * Charlton, S. G. (2009). Driving while conversing: Cell phones that distract and passengers who react. *Accident Analysis & Prevention*, 41, 160–173.
- * Cooper, J. M., & Strayer, D. L. (2008). Effects of Simulator Practice and Real-World Experience on Cell-Phone-Related Driver Distraction. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(6), 893–902.
- * Cooper, J. M., Vladislavljevic, I., Medeiros-Ward, N., Martin, P. T., & Strayer, D. L. (2009). An Investigation of Driver Distraction Near the Tipping Point of Traffic Flow Stability. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 51(2), 261–268.
- * Crisler, M. C., Brooks, J. O., Ogle, J. H., Guirl, C. D., Alluri, P., & Dixon, K. K. (2008). Effect of Wireless Communication and Entertainment Devices on Simulated Driving Performance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2069(1), 48–54.

- Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S. E., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., Hankey J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences Mar 2016*, 113(10) 2636–2641.
- Drewes, F. A., Pasupathi, M., Strayer, D.L. (2008). Passenger and Cell Phone Conversations in Simulated Driving. *Journal of Experimental Psychology*, 14(4), 392–400.
- Endsley, M.R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 32–64.
- Evans, L. (2004). *Traffic Safety*. Science Serving Society, Bloomington, Hills.
- Haas, E., & Edworthy, J. (2006). An introduction to auditory warnings and alarms. In M. S. Wogalter (Ed.), *Handbook of Warnings* (pp. 189–198). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- * Hancock, P. A., Lesch, M., & Simmons, L. (2003). The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver. *Accident Analysis & Prevention*, 35(4), 501–514.
- * Haque, M. M. & Washington, S. (2015). The impact of mobile phone distraction on the braking behaviour of young drivers: A hazard-based duration model. *Transportation, Research Part C*, 50, 13–27.
- * Harms, L., & Patten, C. (2003). Peripheral detection as a measure of driver distraction. A study of memory-based versus system-based navigation in a built-up area. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 23–36.
- * He, J., Chaparro, A., Wu, X. Crandall, J. & Ellis, J. (2015). Mutual interferences of driving and texting performance. *Computers in Human Behavior*, 52, 115–123.
- * He, J., Choi, w., McCarley, J. S., Chaparro, B. S. & Wang, C. (2015). Texting while driving using Google Glass™: Promising but not distraction-free. *Accident Analysis and Prevention*, 81, 218–229.
- Heller (1982). Theorie und Praxis des Verfahrens der Kategorienunterteilung (KU). In O. Heller (Eds.), *Forschungsbericht 1981*. Würzburg: Psychologisches Institut der Universität Würzburg Lehrstuhl III.
- * Hofmann, H., Tobisch, V. Ehrlich, U. & Berton, A. (2015). Evaluation of speech-based HMI concepts for information exchange tasks: A driving simulator study. *Computer Speech and Language*, 33, 109–135.
- * Holland, C., & Rathod, V. (2013). Influence of personal mobile phone ringing and usual intention to answer on driver error. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 793–800.
- * Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2004). Driving and Side Task Performance: The Effects of Display Clutter, Separation, and Modality. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 611–624.
- * Horrey, W. J., Lesch, M. F., & Garabet, A. (2008). Assessing the awareness of performance decrements in distracted drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2), 675–682.
- * Hosking, S., Young K. & Regan M. (2007). The effects of the text messaging on young novice driver performance. In I.J. Faulks (Ed.), *Distracted Driving* (pp. 155–187). Sydney, Australia: Australian College of Road Safety.

- * Hosking, S. G., Young, K. L. & Regan, M. A. (2009). The Effects of Text Messaging on Young Drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 51 (4), 582–592.
- Huemer, A. K., & Vollrath, M. (2010). Alcohol-related impairment in the Lane Change Task. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1983–1988.
- Huemer, A. K. & Vollrath, M. (2012). *Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeitsstudie* (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit M225). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- ISO/DIS 26022 (2007). Road vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand. SO/TC 22/SC 13 - ICS 13.180; 43.040.15.
- * Jamson, S. L., & Jamson, A. H. (2010). The validity of a low-cost simulator for the assessment of the effects of in-vehicle information systems. *Safety Science*, 48(10), 1477–1483.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- * Kass, S. J., Cole, K. S., & Stanny, C. J. (2007). Effects of distraction and experience on situation awareness and simulated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10, 321–329.
- * Knapper, A. S., Hagenzieker, M. P. & Brookhuis, K. A. (2015). Do in-car devices affect experienced users' driving performance? *IATSS Research*, 39, 72–78.
- Krüger, H. P., Kazenwadel, J., & Vollrath, M. (1995). Das Unfallrisiko unter Alkohol mit besonderer Berücksichtigung risikoe erhöhender Faktoren. *Das Unfallrisiko unter Alkohol: Analyse–Konsequenzen–Maßnahmen*. Stuttgart. Gustav Fischer Verlag.
- Kostyniuk, L. P., & Shope, J. T. (2003). Driving and alternatives: Older drivers in Michigan. *Journal of safety research*, 34(4), 407–414.
- * Kujala, T., Grahn, H. & Holmstedt, N. (2015). *Hand-Held Texting is Less Distracting than Texting with the Phone in a Holder – Anyway, Don't Do It*. Paper presented at the Conference AcademicMindTrek, September, Tampere, Finland.
<https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2818187.2818270>
- * Laberge, J., Scialfa, C., White, C., & Caird, J. (2004). Effects of Passenger and Cellular Phone Conversations on Driver Distraction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 1899(1), 109–116.
- * Lamble, D., Kauranen, T., Laakso, M., & Summala, H. (1999). Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving. *Accident Analysis & Prevention*, 31(6), 617–623.
- * Lasch, A., & Kujala, T. (2012). Designing browsing for in-car music player - Effects of touch screen scrolling techniques, items per page and screen orientation on driver distraction. In : *4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, AutomotiveUI 2012, AutomotiveUI - 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, In-cooperation with ACM SIGCHI – Proceedings: AutomotiveUI - Int. Conf. Automot. User Interfaces Interact. Veh. Appl., In-coop.ACM SIGCHI - Proc* (pp. 41–48). Portsmouth, NH.

-
- * Lasch, A., Kujala, T., & Nokia Gate5 GmbH (2013). Can You Ignore It? - Effects of Album Artwork on Driver Distraction. *PROCEEDINGS of the 3rd International Conference on Driver Distraction and Interaction*.
<http://document.chalmers.se/download?docid=6142cc29-a992-4837-8dbb-ae4c175ff334>.
 - * Lee, J. D., Roberts, S. C., Hoffman, J. D., & Angell, L. S. (2012). Scrolling and Driving: How an MP3 Player and Its Aftermarket Controller Affect Driving Performance and Visual Behavior. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(2), 250–263.
 - * Louveton, N., McCall, R., Koenig, V., Avanesov, T. & Engel, T. (2016). Driving while using a smartphone-based mobility application: Evaluating the impact of tree multi-choice user interfaces on visual-manual distraction. *Applied Ergonomics*, 54, 196–204.
 - * Maciej, J., & Vollrath, M. (2009). Comparison of manual vs. speech-based interaction with invehicle information systems. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), 924–930.
 - Mattes, S., & Hallén, A. (2009). Surrogate distraction measurement techniques: Lane change test. In Regan, M. A., Lee, J.D., & Young, K.L. (Eds). *Driver distraction: Theory, effects, and mitigation* (pp. 107–121). Boca Raton, USA: Taylor and Francis.
 - Mattes, S. (2003). The lane-change-task as a tool for driver distraction evaluation. In H. Strasser, K. Kluth, H. Rausch, & H. Bubb (Eds.), *Quality of work and products in enterprises of the future* (pp. 57–60). Stuttgart: Ergonomia Verlag.
 - * McCallum, M. C., Campbell, J. L., Richman, J. B., & Brown, J. L. (2004). Speech Recognition and In-Vehicle Telematics Devices: Potential Reductions in Driver Distraction. *International Journal of Speech Technology*, 7, 25–33.
 - McGwin Jr. G. & Brown, D.B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 181–198.
 - * McKeever, J. D., Schultheis, M. T., Padmanaban, V., & Blasco, A. (2013). Driver Performance While Texting: Even a Little is Too Much. *Traffic Injury Prevention*, 14(2), 132–137.
 - * McNabb, J. & Gray, R. (2016). Staying Connected on the Road: A Comparison of Different Types of Smart Phone Use in a Driving Simulator. *PLoS ONE*, 11(2): e0148555. Doi:10.1371/journal.pone.0148555.
 - * Noy, Y. I., Lemoine, T. L., Klachan, C., & Burns, P. C. (2004). Task interruptability and duration as measures of visual distraction. *Applied Ergonomics*, 35(3), 207–213.
 - * Owens, J. M., McLaughlin, S. B., & Sudweeks, J. (2011). Driver performance while text messaging using handheld and in-vehicle systems. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 939–947.
 - * Oviedo-Trespalacios, O., Haque, M. M., King, M. J. & Washington, S. (2015). Influence of Road Traffic Environment and Mobile Phone Distraction on the Speed Selection Behaviour of Young Drivers. In: Victor, Trent & Regan, Michael (Eds.) *4th International Conference on Driver Distraction and Inattention (DDI2015)*, 9 - 11 November 2015, Sydney, NSW. <https://eprints.qut.edu.au/90233/>.
-

- * Parkes, A. & Hooijmeijer, V. (2000). *The influence of the use of mobile phones on driver situation awareness*.
<http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/departments/Human%20Factors/driver-distraction/PDF/2.PDF>.
- * Parkes, A. M. (2007). Conversations in cars: The relative hazards of mobile phones. *TRL report: Vol. 664*. Wokingham, Berkshire: TRL Limited.
- * Patten, C. J. D., Kircher, A., Ostlund, J., & Nilsson, L. (2004). Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation. *Accident Analysis & Prevention*, 36(3), 341–350.
- * Pereira, M., Hamama, H., Dapzol, N., Bruyas, M., & Simões, A. (2009). Simultaneous interaction with in-vehicle systems while turning left: comparison among three groups of drivers. *IET Intelligent Transport Systems*, 3(4), 369–378.
- * Ranney, T. A., Harbluk, J. L., & Noy, I. Y. (2005). Effects of Voice Technology on Test Track Driving Performance: Implications for Driver Distraction. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, (47), 439–454.
- * Rakauskas, M. E., Gugerty, L. J., & Ward, N. J. (2004). Effects of naturalistic cell phone conversations on driving performance. *Journal of Safety Research*, 35(4), 453–464.
- Redelmeier, D. A., Tibshirani, R. J. Ph. D. (1997). Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *The New England Journal of Medicine*, 336(7), 453–458.
- * Saifzzaman, M., Haque, M. M. Zheng, Z. & Washington, S. (2015). Impact of mobile phone use on car-following behaviour of young drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 82, 10–19.
- * Samost, A., Perlman, D., Domel, A. G., Reimer, B., Mehler, B. & Mehler, A. et al. (2015). Comparing the Relative Impact of Smartwatch and Smartphone Use While Driving on Workload, Attention, and Driving Performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 59th Annual Meeting*, 59(1), 1602–1606.
<https://doi.org/10.1177/1541931215591347>.
- Schlag, B. (1993). Elderly drivers in Germany – fitness and driving behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 25(1), 47-55.
- Schnabel, E. (2011). *Alcohol and driving related performance – A comprehensive meta-analysis focusing the significance of the non-significant*. Würzburg: Unveröffentlichte Dissertation.
<https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/5706/file/SchnabelDiss.pdf>
- Sinelnikova, A., Lee, J., Reimer, B., Mehler, B. & Coughlin J. F. (2015). Predicting secondary task involvement and differences in task modality using field highway driving data. *Proceedings of the Eighth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, Salt Lake City, Utah. Iowa City, IA: Public Policy Center, University of Iowa, 2015: 387–393.
<https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1599&context=drivingassessment>.
- Straßenverkehrsordnung (StVO) vom 01.04.2013 i. d. F. vom 05.2018. § 23, Absatz 1a.
<https://www.stvo.de/die-stvo-als-download>

-
- * Streng, V. von, Vöhringer-Kuhnt, T., & Thüning, M. (2009). Usability & Ästhetik von interaktiven Systemen im Kfz Einflüsse von pragmatischer und hedonischer Qualität auf die Verkehrssicherheit. In A. Lichtenstein, C. Stöbe & C. Clemens (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme* (S. 29-30). Düsseldorf: VDI-Verlag.
 - * Treffner, P. J., & Barrett, R. (2004). Hands-free mobile phone speech while driving degrades coordination and control. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7(4-5), 229–246.
 - * Tsimhoni, O., Smith, D., & Green, P. (2004). Address Entry While Driving Speech Recognition Versus a Touch-Screen Keyboard. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 600–610.
 - Victor, T., Bärghman, J., Boda, C-N., Dozza, M., Engström, J., Flannagan, C., Lee, J.D. & Markkula, G. (2014). Analysis of Naturalistic Driving Study data: Safer glances, driver inattention, and crash risk, *Transportation Research Board*, SHRP2 Report S2-08A-RW-1.
 - Vogelpohl, T., Vollrath, M., Kühn, M., Hummel, T., & Gehlert, T. (2016). Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung. *Unfallforschung der Versicherer, Forschungsbericht Nr. 39*. Berlin.
 - Vollrath, M., Huemer, A. K., Nowak, P. & Pion, O. (2015). Ablenkung durch Informations- und Kommunikationssysteme. GDV, Forschungsbericht 26.
 - Vollrath, M., Huemer, A. K., Teller, C., Likhacheva, A. & Fricke, J. (2016). Do german drivers use their smartphones safely? – Not really! *Accident Analysis and Prevention*, 96, 29–38.
 - Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. In R. Nickerson (ed.), *Attention and Performance VIII*, 239-258. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; zitiert nach Wickens, C. D. (2002), p.166.
 - Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors: The Journal of the Humena Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 449–455.
 - * Young, K. L., Mitsopoulos-Rubens, E., Rudin-Brown, C. M., & Lenné, M. G. (2012). The effects of using a portable music player on simulated driving performance and task-sharing strategies. *Applied Ergonomics*, 43(4), 738–746.
 - * Young, K. L., Rudin-Brown, C. M., Patten, C., Ceci, R., & Lenné, M. G. (2013). Does phone interface type influence the distracting effects of text messaging in tunnels? *Proceedings of the 3rd International Conference on Driver Distraction and Interaction*. <http://document.chalmers.se/download?docid=eb87e255-defd-4f85-bb9e-faece95fe26f>.
 - Young, R. A. (2013). Cell Phone Conversation and Automobile Crashes: Relative Risk is Near 1, Not 4. *Proceedings of the 3rd International Conference on Driver Distraction and Inattention*. Gothenburg, Sweden.
https://www.researchgate.net/profile/Richard_Young9/publication/259891518_Cell_Phone_Conversation_and_Automobile_Crashes_Relative_Risk_is_Near_1_Not_4/inks/0c96052e6c11eef790000000/Cell-Phone-Conversation-and-Automobile-Crashes-Relative-Risk-is-Near-1-Not-4.pdf?origin=publication_detail
-

Anhang

Im Folgenden werden die für die Meta-Analyse verwendeten Studien kurz dargestellt. Dabei werden die Messsituation (Simulator, usw.), Fahrumgebung (urban, rural) und die Fahraufgabe, sowie die untersuchten IKS kurz beschrieben.

Alvarez, Alnizami, Dunbar, Jackson & Gilbert (2015)

Der Versuch wurde mit Hilfe der Lane Change Task durchgeführt. Dabei wurde eine dreispurige Strecke mit einer konstanten Geschwindigkeit 60 km/h ohne anderen Verkehr abgefahren. Zur Fahraufgabe gehörte das Spurwechseln nach Aufforderung durch ein Straßenschild. Während der LCT wurden die Probanden aufgefordert unterschiedliche Aufgaben zu bearbeiten. Dazu gehörte das Schreiben einer SMS mit dem eigenen Handy, die akustisch-visuelle Nutzung einer Hilfe-Software, die visuell-akustisch-manuelle Nutzung eines Benutzer-Handbuchs, sowie das Führen eines Telefonats mit einem Call-Center Mitarbeiter.

Beede & Kass (2006)

Während der Testfahrt im Fahrsimulator fuhren die Probanden in einer urbanen Umgebung mit einer Geschwindigkeit zwischen 35 und 45 mph auf einer Straße mit zwei bis vier Fahrstreifen. Die Streckenumgebung beinhaltete Gebäude, Ampeln, Straßenschilder und Fußgänger. Die Aufgabe der Probanden war es während der Fahrt eine Unterhaltung über ein Head-Set zu führen, in welcher ihnen Fragen gestellt wurden, deren Beantwortung eine räumlich-visuelle Beanspruchung darstellte. Gleichzeitig sollte zusätzlich eine visuelle Suchaufgabe bearbeitet werden, bei welcher den Probanden im unteren rechten bzw. linken Monitorbereich eingeblendete Symbole dargeboten wurden. Sobald sich eines dieser Symbole veränderte, sollte dies per Knopfdruck links bzw. rechts am Lenkrad mitgeteilt werden.

Biondi, Turill, Coleman, Cooper & Strayer (2015)

Als Teststrecke diente ein 2.75 Meilen langer Abschnitt in einer Vorstadt, welchen die Probanden in einem mit Kameras und GPS ausgestatteten PKW befuhren (Realfahrt). Die Teststrecke enthielt dabei 18 risikoreiche und 16 risikoarme Streckenpunkte. Der Versuch fand

vor- und nachmittags unter Auslassung der Rush Hours statt. Während der Fahrt haben die Probanden folgende Aufgaben bearbeitet: Bedienung des Radios, Hörbuch raussuchen und anhören, Telefonieren sowohl freihändig wie auch mit Handy am Ohr sowie verbale Verfassen einer E-Mail.

Burns, Parkes, Burton, Smith & Burch (2002)

Bei der Testfahrt im Fahrsimulator befuhren die Probanden eine 15 Kilometer lange Strecke, die in vier Segmente unterteilt war. Nach einer 3.5 km langen Folgefahrt auf einer Autobahn mit 50 bis 70 mph und einem weiteren sechsspurigen Autobahnabschnitt mit freier Fahrt und einer Höchstgeschwindigkeit von 70 mph folgten eine kurvige Landstraße mit 60 mph und eine vierspurige Schnellstraße. Die Nebenaufgabe bestand darin, ein Telefonat zu führen (freihändig oder hand-held). Zusätzlich wurden die Probanden dazu aufgefordert bei jedem Warnschild des letzten Abschnitts die Lichthupe zu betätigen.

Charlton (2004)

Die Teststecke im Fahrsimulator von 28.5 Kilometer Länge hatte ländlichen Charakter und Abschnitte mit 100, 70 und 50 km/h als Tempolimit. Auf der Strecke waren drei Typen von Kurven mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsbegrenzungen von 45, 65 und 85 km/h und drei Arten von Warnung zu finden. Während der Fahrt klingelte in jeder Versuchsbedingung 16 Mal das Telefon. Die Aufgabe der Probanden war es, entweder die ihnen genannte Wortfolge (fünf Worte) zu wiederholen oder aber auf das eine ihnen genannte Wort fünf Reimworte zu finden.

Charlton (2009) – Zwei Untersuchungen

In Experiment 1 fand eine Trainingsfahrt zur Eingewöhnung im Fahrsimulator statt. Die Teststrecke bestand aus einem 25.3 Kilometer langen Stück einer zweispurigen Landstraße mit horizontalen und vertikalen Kurven. Das Tempolimit lag bei 60 und 100 km/h. Auf die Strecke verteilt gab es fünf Situationen mit erhöhtem Risiko: eine vielbefahrene Kreuzung, ein einscherendes Fahrzeug von rechts, eine einspurige Brücke, Bauarbeiten und einen Erdbeben. Bei der Nebenaufgabe handelte es sich um eine Unterhaltung, die entweder mit einem Beifahrer oder freihändig am Telefon geführt wurde, wobei der Gesprächsteilnehmer je nach Bedingung die Fahrsituation sehen konnte oder nicht.

Das Experiment 2 entspricht im Aufbau Experiment 1. Als Nebenaufgabe war diesmal allerdings ein freihändiges Telefonat zu führen, bei dem das Handy die Annäherung an die risikoreichen Situationen mit einem akustischen Signal ankündigte.

Cooper & Strayer (2008)

Zunächst fand eine 20-minütige Übungsfahrt im Fahrsimulator statt. Die simulierte Teststrecke bestand aus zwei Autobahn und zwei Stadtstraßen-Szenarios. Die Fahraufgabe auf den Autobahnabschnitten bestand daraus, einem Führungsfahrzeug in einem Abstand von zwei Sekunden mit Tempo 65 mph zu folgen und auf sein Bremsverhalten zu reagieren. Im Stadtverkehr wurde das Bremsen durch Ampeln, auf die Fahrbahn laufende Fußgänger und Tiere initiiert. Das angegebene Tempolimit variierte zwischen 25, 35 und 45 mph. Die Nebenaufgabe bestand darin, während der Fahrt freihändig ein Telefonat zu führen.

Cooper, Vladislavjevic, Medeiros-Ward, Martin & Strayer (2009)

Nach einem Training von 20 Minuten im Fahrsimulator fuhren die Probanden auf einem 24 Meilen langen Stück eines vier- bis sechsspurigen Highways. Dieser war in drei Abschnitte mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeitsbegrenzungen unterteilt. Als Nebenaufgabe wurde ein freihändiges Telefonat geführt.

Crisler, Brooks, Ogle, Guirl, Alluri & Dixon (2008)

Zu Beginn des Versuchs konnten sich die Probanden sowohl mit dem Simulator wie auch mit den für den Versuch benötigten Geräten vertraut machen. Als Teststrecke diente eine simulierte, kurvige zweispurige Landstraße. Verließ der Proband während der Übung, dem Training oder der Testfahrt die Spur oder überschritt die Geschwindigkeit von 55 mph, wurde ihm das vom Fahrzeug über eine Anzeige mitgeteilt. Bei den Nebenaufgaben handelte es sich um Unterhaltungen per Telefon (hand-held), per SMS, mit einem Mitfahrer auf dem Rücksitz und die Bedienung eines MP3-Players. Weitere Nebenaufgaben waren zwei Varianten eines Wort-Spiels. Dabei wurde den Probanden ein Buchstabe auf der Leinwand präsentiert. Die Aufgabe war es nun, mit dem Buchstaben als Anfangsbuchstaben ein Wort zu benennen. Die Antwort sollte entweder verbal gegeben werden oder aber per SMS erfolgen.

Drews, Pasupathi, & Strayer (2008)

Im Anschluss an die 15-Minütige Trainingsfahrt, befuhren die Probanden eine 24 Meilen lange, zweispurige Autobahn mit unregelmäßigen Verkehr. Die Fahrt im dynamischen Simulator beinhaltet sowohl Bremsmanöver wie auch Tempowechsel. Während der Fahrt führte der Proband ein freihändiges Telefongespräch.

Hancock, Lesch & Simmons (2003)

Die Untersuchung fand auf einer realen Teststrecke von einer halben Meile Länge statt. Zusätzlich war das Testgelände mit einer Ampel ausgestattet. Vor Beginn der jeweiligen Fahrt wurde den Probanden auf einem simulierten Telefon eine Nummer angezeigt, die sie sich einprägen sollten. Während der Fahrt wurde ihnen erneut eine Nummer präsentiert, bei der sie per Knopfdruck anzeigen sollten, ob es sich um die zuvor gezeigte Nummer handelt oder nicht. Bei einem Drittel der Fahrten sprang die Ampel auf Rot um, wobei die Probanden so schnell und sicher wie möglich bremsen sollten. Bei einem Drittel wurde nur die Telefonaufgabe durchgeführt, bei dem letzten sowohl die Telefon- wie auch die Bremsaufgabe.

Haque & Washington (2015)

Der Versuch wurde in einem dynamischen Simulator, bestehend aus einem Fahrzeug sowie Projektionsflächen die eine 180° Blickfeld ermöglichen, durchgeführt. Die Teststrecke war sieben Kilometer lang und enthielt sowohl urbane wie auch rurale Streckenabschnitte. Das Tempolimit innerorts lag bei 40 km/h, außerorts zwischen 50 und 60 km/h. Die Aufgabe der Probanden war es, ein Telefongespräch sowohl über ein Headset, wie auch über eins in der Hand gehaltenes Handy zu führen.

He, Chaparro, Wu Crandall & Ellis et al. (2015)

Der Versuch wurde unter der Verwendung der Lane Change Task durchgeführt. Dabei wurde eine dreispurige Strecke mit einer konstanten Geschwindigkeit 60 km/h ohne anderen Verkehr abgefahren. Zur Fahraufgabe gehörte das Spurwechseln nach Aufforderung durch ein Straßenschild. Während der Fahrt enthielten die Probanden alle 40 bis 60 Sekunden eine Textnachricht. Als Antwort sollten die Probanden eine zehnstellige Nummer ins Handy

tippen und diese Nachricht dann versenden. Dabei wurde bei der Eingabemethode zwischen einhändigem und beidhändigem Tippen unterschieden.

He, Choi, McCarley, Chaparro & Wang (2015)

Nach einer Trainingsfahrt ohne Nebenaufgabe wurde die Bedienung des Smartphones und der Google Glass® trainiert. Während einer Folgefahrt auf einer simulierten, dreispurigen Autobahn (Sitzkiste) war die Aufgabe des Probanden auf empfangene und ihm vorgelesene Textnachrichten zu antworten. Die Eingabe des Antworttextes erfolgte bei der Google Glass® ausschließlich verbal. Bei der Verwendung des Smartphones wurde sowohl die manuelle wie auch die verbale Eingabe des Textes verwendet. Die Probanden durchfuhren sowohl alle drei Experimentalbedingungen, sowie eine Baseline-Fahrt.

Hofmann, Tobisch, Ehrlich & Berton (2015)

Während der Lane Change Task bedienten die Probanden eines von vier Navigationssystemen, wobei die Bedienung immer auditiv-verbal erfolgte und die Unterschiede zwischen den Systemen auf verschiedenen Formen der Dialogführung beruhten. Die Fahraufgabe bestand darin, eine dreispurige Strecke mit einer konstanten Geschwindigkeit 60 km/h ohne anderen Verkehr abzufahren. Zur Fahraufgabe gehörte das Spurwechseln nach Aufforderung durch ein Straßenschild.

Holland & Rathod (2013)

Die simulierte Teststrecke bestand aus einem Abschnitt einer zweispurigen Landstraße, die zu einer vierspurigen Schnellstraße wurde. Die sechs Kilometer lange Fahrstrecke mit Kurven und Höhenprofil sollte mit einer Maximalgeschwindigkeit von 50 mph befahren werden. Zusätzlich zu anderen Verkehrsteilnehmern waren Ampeln und Verkehrsschilder vorhanden. Die Fahraufgabe enthielt zusätzlich noch sieben kritische Situationen: ein herannahendes Fahrzeug, Fässer am rechten Straßenrand, ein Stoppschild, ein vom Parkstreifen einscherendes Fahrzeug, zwei querende Fußgänger und eine Ampelkreuzung. Die Probanden wurden angewiesen, ihr eigenes Handy wie gewohnt im Auto zu platzieren und auf „laut“ zu stellen. Bei der Annäherung an drei der sieben kritischen Situationen klingelte das Handy der Probanden, das sie jedoch ignorieren sollten.

Horrey & Wickens (2004)

Nach einer kurzen Eingewöhnungsfahrt im Fahrsimulator fuhren die Probanden auf einer Teststrecke bestehend aus einem ländlichen und einem innerstädtischen Abschnitt mit 55 bzw. 30 mph. Dabei sollten sie eine vier-, sieben- oder zehnstellige Nummer, die ihnen auf vier verschiedene Weise dargeboten wurden, verbal in ein Telefon eingeben. Neben der akustischen Darbietung erfolgte die Darbietung auch über eines von drei an unterschiedlichen Stellen im Simulator verbauten visuellen Displays. Bei zwei der Displays handelte es sich um Head-Up Displays (HUD), wobei eines überlappend auf der horizontalen Linie (0°) und das andere auf Höhe der Straße (7° unter der horizontalen Linie) eingeblendet wurde. Als dritte Variante wurde ein Head-down Display (HDD) im Bereich der Mittelkonsole verbaut.

Horrey, Lesch & Garabet (2008)

Der Versuch fand auf einer Teststrecke mit einem realen Fahrzeug mit einer Rundenlänge von 0.8 Kilometer statt. Die Strecke wurde zusätzlich mit fünf „Tempo-Uhren“ ausgestattet. Dabei handelte es sich um runde Schilder, deren obere Hälfte rot, die untere grün gefärbt war. Ein Zeiger lief im Uhrzeigersinn umher, wobei eine Umdrehung ca. 12 Sekunden entsprach. In einer Fahraufgabe sollten die Probanden ein Schild nur dann passieren, wenn sich der Zeiger im grünen Bereich aufhielt, d.h. mittels Bremsen und Beschleunigen das Tempo variieren sollten. Ein weiteres Element der Fahraufgabe war ein Abbremsen auf 0 km/h bei einer von Grün zu Rot umspringenden Ampel. Als Nebenaufgabe führten die Probanden ein Telefongespräch sowohl freihändig wie auch hand-held, bei dem sie Zahlen addieren und die Antwort verbal geben sollten, durch.

Hosking, Young & Regan (2007)

Nach einem kurzen Training im Simulator und dem Gebrauch des Handys fuhren die Probanden eine acht Kilometer lange, zweispurige Straße im Stadtbereich mit einer Geschwindigkeit von 50 – 80 km/h entlang, die acht kritische Ereignisse enthielt: eine auf Rot springende Ampel (60 km/h-Zone), ein von rechts einscherendes Fahrzeug in drei unterschiedlichen Folgefahrtszenarios, zwei Spurwechselmanöver, ein hinter einem Fahrzeug heraustretender Fußgänger und ein Rechtsabbieger, der dem Probanden die Vorfahrt nahm. Die Nebenaufgabe bestand darin, SMS zu erhalten und vorgefasste und gespeicherte

SMS zu verschicken. In der ersten Runde wurde die Nebenaufgabe in vier von den acht Situationen bearbeitet, in der zweiten Runde in den vier übrigen.

Jamson & Jamson (2010)

Zu Beginn des Versuchs fand je eine Trainingsfahrt mit dem Simulator und der Möglichkeit der Übung der Nebenaufgabe statt. Die simulierte Teststrecke bestand aus einer einspurigen Landstraße mit geraden und kurvigen Abschnitten, mit und ohne Führungsfahrzeug und mit einem Tempolimit von 96 km/h. Die Nebenaufgabe bestand aus acht Bedienaufgaben des Bordcomputers, z.B. dem Schließen und erneutem Öffnen des Navigationsprogramms.

Kass, Cole & Stanny (2007)

Nach einer kurzen Übungsfahrt wurde eine elfminütige Fahrstrecke im Fahrsimulator gefahren. Es handelte sich um eine innerstädtische Umgebung mit Bebauung, Fußgängern, Schildern und anderem Verkehr. Die Aufgabe der Probanden war es, während der Fahrt ein Telefongespräch anzunehmen und per Head-Set Fragen zu beantworten.

Knapper, Hagenzieker & Brookhuis (2015)

Für den Versuch wurden zwei unterschiedliche simulierte Strecken verwendet. Die erste Teststrecke bestand aus einem zehn Kilometer langem innstädtischen Abschnitt mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h und einem neun Kilometer langem Autobahnabschnitt mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h. Bei der zweiten Teststrecke handelte es sich um eine Überlandstraße mit Tempolimits von 50, 70, 80 und 100 km/h. Die Durchführung fand in einer Sitzkiste und an zwei Tagen in einem Abstand von einer Woche statt. Die Aufgabe der Probanden war es, während des urbanen Abschnitts der ersten Teststrecke mit einem Navigationssystem zu fahren. Während des Autobahnabschnitts sollten Textnachrichten getippt und zu versendet werden. Während der Fahrt auf der zweiten Teststrecke telefonierten die Probanden mit dem Handy am Ohr.

Kujala, Grahn & Holmstedt (2015)

Nach einer Eingewöhnung in die Nutzung des im Versuch verwendeten Handys, sowie nach zwei Trainingsfahrten (Stadt, Autobahn) in dem Simulator (Sitzkiste), befuhren die Probanden den mittleren Steifen einer leere dreispurigen Autobahn. Während der Testfahrt sollten die Probanden Textnachrichten schreiben und versenden, zum einen mit dem Handy in der Hand, zum anderen mit dem Handy in einer Halterung, die rechts neben dem Lenkrad angebracht war.

Laberge, Scialfa, White & Caird (2004)

Die Fahraufgabe bestand aus zwei simulierten Szenarien. Der einfachere Teil der Testfahrt fand in einem vorstädtischen Wohngebiet, der schwierigere im innerstädtischen Bereich statt. Beide Strecken bestanden aus einer zweispurigen Straße mit beidseitig parkenden Fahrzeugen und einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Die erhöhte Anforderung an den Fahrer resultierte aus einem höheren Verkehrsaufkommen, Fußgängern und Straßenschildern. In beiden Szenarien wechselte eine Ampel auf Rot und es trat ein Fußgänger auf die Fahrbahn. Die Nebenaufgabe bestand entweder aus einer Unterhaltung mit dem Beifahrer oder einem freihändigen Telefonat.

Lamble, Kauranen, Laakso & Summala (1999)

Die Fahraufgabe, eine Folgefahrt im realen Verkehr mit Tempomat, wurde auf einem 30 Kilometer langen Autobahnabschnitt mit Tempo 80 km/h durchgeführt. Dabei war der Proband angewiesen, den rechten Fuß über der Bremse zu halten, um sofort auf ein Bremsmanöver des Führungsfahrzeugs reagieren zu können. Als eine Nebenaufgabe galt es die vom Versuchsleiter (Beifahrersitz) genannte Telefonnummern zu wählen. Eine weitere Nebenaufgabe war eine Rechenaufgabe, bei welcher der Proband die jeweils drittgenannte Zahl zu den beiden vorherigen hinzu zu addieren und das Ergebnis verbal zu nennen, hatte.

Lasch & Kujala (2012)

Die Fahraufgabe beinhaltete neun Fahrten auf einer simulierten Landstraße mit einer Geschwindigkeit von 40 - 60 km/h. Sobald die Probanden eine Geschwindigkeit von 40 km/h erreichten, wurden sie vom Versuchsleiter aufgefordert, mit der Nebenaufgabe zu beginnen. Die Probanden sollten aus einer Liste mit 60 Interpreten den genannten Interpreten auswählen. Dabei variierte die Anzahl der Interpreten pro gezeigten Bildschirm

zwischen drei, fünf oder sieben, wobei den Probanden jeweils eine von drei Auswahlmethoden zur Wahl stand. Zudem konnte der Touchscreen auf unterschiedliche Weise gescrollt werden: über Knöpfe, durch Wischen oder kinetisch (im Text nicht weiter erklärt).

Lasch & Kujala (2013)

Nach einer Trainingsfahrt im Fahrsimulator wurde als Teststrecke eine Landstraße befahren. Die Nebenaufgabe bestand darin, bestimmte Musikalben aus einer Liste auszuwählen. Die Coverbilder waren dabei in drei Kategorien eingeteilt: neutral, attraktiv und kein Coverbild.

Lee, Roberts, Hoffman & Angell (2012)

Nach einer fünfminütigen Trainingsfahrt im Fahrsimulator wurde als Teststrecke eine vier-spurige Vorstadtstraße mit einem Tempolimit von 45 mph befahren. Sie bestand aus drei Abschnitten; einem Baseline-Abschnitt bei dem kein anderer Verkehr vorhanden war, einem Baustellenabschnitt mit einer gesperrten Spur und einem Abschnitt mit mäßigem Verkehr, der eine Folgefahrt beinhaltete. Fuhr der Proband zu langsam, so hupte der nachfolgende Verkehr. Die drei Bereiche waren durch Ampelanlagen voneinander getrennt. Die Nebenaufgabe bestand aus der Bedienung des Radios (Sendersuche im FM bzw. AM-Bereich) und eines in der Mittelkonsole montierten MP3-Players (Titelsuche aus drei unterschiedlich langen Listen). Die Bedienung des Players fand über einen, im Bereich der Handbremse montierten, Trackball statt. Zusätzlich wurde der Proband aufgefordert, bei jedem von ihm gesehen Radfahrer einen Knopf am Lenkrad zu drücken.

Louveton, McCall, Koenig, Avanesov & Engel (2016)

Nach einer Trainingsfahrt (Sitzkiste) und einer Eingewöhnung in das verwendete Smartphone befuhren die Probanden eine Landstraße hinter einem vorausfahrenden Fahrzeug. Dabei sollte der Abstand von zwei Sekunden eingehalten und das Fahrzeug nicht überholt werden. Während dieser Folgefahrt war es die Aufgabe der Probanden, auf die Geschwindigkeitsänderung des vorausfahrenden Fahrzeugs zu reagieren und die eigene Geschwindigkeit anzupassen. Bei jeder der insgesamt 18 Geschwindigkeitsänderungen wurden die Probanden aufgefordert eine von drei Bedienaufgaben am Smartphone, welches sich in einer Halterung links neben dem Lenkrad befand, zu bearbeiten.

Maciej & Vollrath (2009)

Das Experiment wurde mit Hilfe der Lane Change Task durchgeführt. Dabei wurde eine dreispurige Strecke mit einer konstanten Geschwindigkeit 60 km/h ohne anderen Verkehr abgefahren. Zur Fahraufgabe gehörte das Spurwechseln nach Aufforderung durch ein Straßenschild. Neben der Fahraufgabe wurden die Probanden aufgefordert, drei Geräte entweder manuell oder verbal zu bedienen. Hierzu gehörten das Telefon, ein MP3-Player und ein Navigationssystem.

McCallum, Campbell, Richman & Brown (2004)

Bei diesem Versuch fuhren die Probanden auf einer Strecke im Fahrsimulator im urbanen Bereich. Ein Drittel dieser Strecke wurde ohne Nebenaufgabe befahren. Auf den beiden Abschnitten mit Nebenaufgabe gab es jeweils eine Situation mit erhöhtem Risiko, in der entweder ein parkendes Auto direkt in die Fahrspur des Probanden einscherte oder aber ein Fußgänger direkt vor das Auto trat. Die Nebenaufgabe bestand aus der Bedienung eines rechts vom Lenkrad angebrachten PDAs. Dabei erfolgte die Bedienung auf einem Teil der Strecke manuell, auf dem anderen verbal.

McKeever, Schultheis, Padmanaban & Blasco (2013)

Begonnen wurde das Experiment mit zwei Trainingsrunden der Fahrstrecke im Fahrsimulator. Die verwendeten Strecken sind nicht weiter beschrieben. Die Nebenaufgabe bestand darin, an drei definierten Punkten entweder einen bestimmten Radiosender einzustellen oder jeweils eine SMS mit vorgegebenem Text zu schreiben und zu versenden.

McNabb & Gray (2016)

Der Versuch wurde in einem bewegten Fahrsimulator (vorderer Teil eines PKW) auf einer zweispurigen Landstraße durchgeführt. Die Fahraufgabe bestand aus einer Folgefahrt mit einem Abstand von zwei Sekunden (THW) zum Vordermann, wobei das vorausfahrende Fahrzeug nicht überholt werden durfte. Das vorraufahrende Fahrzeug fuhr mit einem durchschnittlichen Tempo von 60 mph (55 – 65 mph) und machte in unregelmäßigen Abständen

unvorhersehbare Bremsmanöver (Vollbremsung). Die Nebenaufgabe beinhaltete Bearbeitung vier verschiedener Bedienaufgaben unter Verwendung des eigenen Smartphones. Zu den Aufgaben gehörten das Versenden von SMS, sowie die Nutzung von Facebook, Instagram und Snapchat.

Noy, Lemoine, Klachan & Burns (2004)

Nach einem Training im Fahrsimulator wurde zunächst die Baseline aufgezeichnet. Die Fahraufgabe bestand aus einer Folgefahrt auf einer zweispurigen Landstraße mit 75-85 km/h. Die Nebenaufgabe bestand aus zwei visuellen Suchaufgaben und einer Radio-bedienaufgabe. Die Suchaufgaben beinhalteten das Finden bestimmter Buchstabentriplets in drei zehnstufigen Buchstabensäulen, dargeboten auf einem, am Armaturenbrett angebrachten, LCD-Monitor. Dabei konnte die Aufgabe entweder statisch präsentiert sein oder aber das Display durch scrollen abgesucht werden.

Owens, McLaughlin & Sudweeks (2011)

Zunächst konnten sich die Probanden mit dem Verschicken von SMS mittels der zwei ihm angebotenen Systeme vertraut machen. Anschließend wurde die Teststrecke zum Training befahren. Die Teststrecke bestand aus einem 1.4 Meilen langen, gesperrten Stück einer zweispurigen Autobahn und beinhaltete je einen geraden Abschnitt bergauf und bergab. Die Nebenaufgabe bestand darin, während der Fahrt SMS zu empfangen und vorprogrammierte SMS zu versenden. Dies geschah sowohl hand-held mit dem eigenen Handy wie auch mittels des im Auto verbauten Systems (SYNC am Lenkrad).

Oviedo-Trespalacios, Haque, King & Washington (2015)

Der Versuch wurde in einem dynamischen Fahrsimulator durchgeführt. Bei der simulierten Teststrecke handelte es sich um einen sieben Kilometer langen Abschnitt im städtischen und vorstädtischen Bereich mit Geschwindigkeitsbegrenzungen von 40 bis 60km/h. Als Nebenaufgabe führten die Probanden Telefongespräche sowohl freihändig wie auch mit dem Handy am Ohr.

Parkes, Luke, Burns & Lansdown (2007)

Zunächst fanden eine Trainingsfahrt im Simulator und eine Eingewöhnung in die zu bedienenden Geräte statt. Die simulierte Strecke war 17 Kilometer lang und bestand aus vier unterschiedlichen Segmenten. Die Fahraufgabe auf dem ersten Abschnitt beinhaltete eine 3.5 Kilometer lange Folgefahrt auf der Autobahn mit einer Geschwindigkeit von 50 und 70 mph. Im Anschluss wurde eine dreispurige Autobahn mit Tempolimit 70 mph befahren. Der Autobahnabschnitt war 4.7 Kilometer lang, mit mäßigem Verkehr, der überholt werden durfte. Anschließend folgte ein 3.6 Kilometer langer Abschnitt einer kurvigen Landstraße. Der letzte Abschnitt, eine zweispurige Schnellstraße, endete nach 5.3 Kilometern mit einer Ampel. Als Nebenaufgabe sollten die Probanden sowohl ein freihändiges Telefonat wie auch eine Unterhaltung mit dem Beifahrer führen. Eine weitere Nebenaufgabe war die Bedienung des Bordcomputers. Dabei sollten die Probanden z.B. die Klimaanlage bedienen.

Parkes & Hooijmeijer (2000)

Die Testfahrt fand auf einer 15.5 Meilen langen, zweispurigen Landstraße im Fahrsimulator statt. Die Höchstgeschwindigkeit wechselte auf der Strecke von 50 auf 80 km/h und wieder auf 50 km/h. Während der Fahrt kamen zwei Ampeln vor, bei welchen die Probanden im Fall einer Grünphase die Lichthupe betätigen, im Fall einer Rotphase so schnell wie möglich bremsen sollten. Nebenaufgabe war ein freihändiges Telefongespräch.

Patten, Kircher, Ostlund & Nilsson (2004)

Die Fahrt fand im realen Verkehr als Feldstudie auf einer Autobahn (Motorway) mit einem Tempolimit von 110 km/h statt. Die Strecke war 74 km lang. Die Nebenaufgabe bestand aus einem Telefonat mit zwei Ausprägungen in der Komplexität. Die simple Variante erforderte das Wiederholen der vom Versuchsleiter genannten Zahlen. In der komplexen Variante sollten zunächst zwei genannte Zahlen addiert werden und anschließend jede weitere Zahl zum zuvor genannten Ergebnis. Während der gesamten Fahrt fanden acht Telefonate statt, wobei die Hälfte dieser Telefonate freihändig und die andere mit dem Telefon am Ohr geführt wurde. Zusätzlich sollte eine visuelle Suchaufgabe (Peripheral Detection Task) während der Fahrt bearbeitet werden, bei welcher eine für zwei Sekunden

dargebotene Lichtreflektion auf der Windschutzscheibe vom Probanden wahrgenommen und per Knopfdruck rückgemeldet werden sollte.

Pereira, Hamama, Dapzol, Bruyas & Simões (2009)

Die zu Beginn stattgefundene Trainingsperiode von 15 Minuten diente zur Fahrzeug-eingewöhnung sowie dem Vertraut machen mit dem Navigationssystem und dem Telefon. Befahren wurde eine vordefinierte Strecke im Realverkehr mit Unterstützung eines Navigationssystems. Die Fahrt beinhaltete acht Rechts- und zwölf Linkskurven. Die Nebenaufgabe bestand aus einem simulierten, freihändigen Telefongespräch. Dabei musste der Fahrer die ihm gestellte Fragen zunächst wiederholen und dann mit ja oder nein beantworten. Der Anruf wurde mittels am Lenkrad angebrachten Knöpfen angenommen bzw. beendet.

Rakauskas, Gugerty & Ward (2004)

Die Fahrumgebung im Simulator bestand aus einer zweispurigen Landstraße mit vier Stoppschildern, einer Kreuzung mit Ampeln, anderem Verkehr und parkenden Autos. Zudem beinhaltete die Teststecke drei risikoreiche Situationen: ein aus der Parkreihe einscherendes Fahrzeug, ein aus dem Gegenverkehr auf die Spur des Probanden plötzlich schlenkerndes Fahrzeug und ein mit Blaulicht fahrenden Krankenwagen, der ebenfalls auf die Spur des Probanden einscherte. Als Nebenaufgabe sollten die Probanden ein simuliertes Telefongespräch (freihändig) in zwei verschiedenen Schwierigkeitsstufen führen.

Ranney, Harbluk & Noy (2002)

Nach einem kurzen Training des Simulators und der Geräte der Nebenaufgabe fand eine Folgefahrt auf einer 12 Kilometer langen, teils kurvigen, vierspurigen Teststrecke mit wenig Verkehr und einer Höchstgeschwindigkeit von 40 mph statt. Die Nebenaufgabe bestand aus Lesen bzw. Anhören von Nachrichten und deren Beantwortung. Bei der simplen Variante erfolgte die Antwort durch das Versenden vorgefertigter Texte. Die komplexe Variante erforderte das Wählen einer angegebenen Nummer und das Hinterlassen einer Sprachnachricht. Zusätzlich wurde eine visuelle Suchaufgabe (Peripheral Detection Task) bearbeitet, bei welcher die Probanden so schnell wie möglich auf eine Lichtreflektion (3-

5s) auf der Windschutzscheibe reagieren sollten, indem sie einen Knopf am Lenkrad drückten.

Saifuzzaman, Haque, Zheng & Washington (2015)

Die simulierte Strecke war sieben Kilometer lang, im vorstädtischen Raum und beinhaltete folgende Ereignisse: eine Folgefahrt, ein plötzliches Bremsen des Vordermanns, einen querenden Fußgänger und ein Überholmanöver. Während der Fahrt wurden die Probanden dazu aufgefordert je ein Telefonat über ein Headset oder über das in der Hand gehaltene Telefon zu führen.

Samost, Perlman, Domel, Reimer, Mehler B., Mehler A., Dobres & Williams (2015)

Die Aufgabe der Probanden war es, während der Fahrt einen Kontakt für ein Telefonat auszuwählen. Verwendet wurde dafür entweder eine Smartwatch mit akustisch-verbaler Bedienung und ein Smartphone mit visuell-manueller bzw. akustisch-verbaler Bedienung. Der Versuch fand in einem Simulator mit vollständigem Fahrzeug statt.

Sinelnikova, Lee, Reimer, Mehler & Coughlin (2015)

Während einer Realfahrt auf einer dreispurigen Autobahn mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 65 mph hatten die Probanden die Aufgabe das Radio sowohl visuell-manuell wie auch auditiv-verbal zu bedienen. Die visuell-manuelle Aufgabe beinhaltete das Einschalten des Radios, einen Frequenzwechsel (z.B. FM1 zu FM2) sowie das Einstellen einer bestimmten Frequenz (z.B. FM 100.7). Bei der auditiv-verbalen Radiobedienung, wurde zunächst eine Taste am Lenker (push-to-talk button) betätigt und dann verbal die Frequenz angefragt.

Streng, Vöhringer-Kuhnt & Thüring (2009)

Als Fahraufgabe wurde die LCT (Lane Change Task), eine einfache Fahrsimulation, ausgeführt. Dabei wurde eine dreispurige Strecke mit einer konstanten Geschwindigkeit von 60 km/h ohne anderen Verkehr abgefahren. Zur Fahraufgabe gehörte das Spurwechseln nach Aufforderung durch ein Straßenschild. Während der zweiten bis fünften Runde sollte

zusätzlich ein simulierter Audioplayer mit Touchscreen-Oberfläche mittels PDA-Stift bedient werden.

Treffner & Barrett (2004)

Bei einer Realfahrt auf einem Testgelände wurden drei Aufgaben eingeführt: eine Rechtskurve, ein kontrolliertes Bremsen und ein Ausweichmanöver. Die Nebenaufgabe bestand aus einem freihändig geführten Telefonat mit drei Schwierigkeitsstufen. Pro Bedingung wurden je drei Runden auf der Teststrecke gefahren.

Tsimhoni, Smith & Green (2004)

Nach einem absolvierten Training im Fahrsimulator befuhren die Probanden drei Mal die gleiche Strecke, bestehend aus drei unterschiedlichen Abschnitten: ohne Kurven, mit leichten bzw. scharfen Kurven. Die Fahraufgabe bestand aus einer Folgefahrt auf einer vierspurigen Straße mit einer maximalen Geschwindigkeit von 45 mph. Im Fahrsimulator waren zusätzlich zwei Displays verbaut. Das Display in der Mittelkonsole diente als Navigationssystem. Ein weiteres Display auf dem Beifahrersitz stellte ein Adressbuch bzw. einen Adresszettel dar. Die Probanden wurden angewiesen, während der Fahrt eine Adresse manuell über die Tastatur oder aber verbal wort- bzw. charakterbasiert in das Navigationssystem einzugeben. Dabei wurde je Strecke eine andere Eingabeweise verwendet. Die wortbasierte Eingabe erforderte, dass die Adresse Wort für Wort und mit Pausen zwischen den einzelnen Adresselementen gesprochen wurde. Bei der charakterbasierten Eingabe konnte die Adresse als Ganzes gesprochen werden. Bei zwei von sechs Adressen musste der Fahrer die Eingaben korrigieren. Umgesetzt wurde die Spracherkennung in beiden Fällen mittels der Wizard of Oz-Methode.

Young, Mitsopoulos-Rubens, Rudin-Brown & Lenné (2012)

Zu Beginn des Experiments wurde eine sechs Minuten lange Übungsfahrt, im Anschluss daran vier Testfahrten im Fahrsimulator durchgeführt. Die Teststrecke bestand aus einer 6.6 Kilometer langen, zweispurigen Straße im urbanen Bereich. Das Tempolimit variierte dabei zwischen 40, 60, 70 und 80 km/h. Die Nebenaufgabe bestand darin, Musiktitel auf einem an der Mittelkonsole befestigten I-Pod herauszusuchen. Dabei stand den Probanden eine Liste mit 860 Titeln zu Verfügung. Unterschieden wurde zwischen einer kurzen und einer

langen Suchaufgabe. Bei der kurzen Suche sollten aus den ersten 250 Titeln, bei der langen Suche aus den letzten 250 Titeln je 15 Titel herausgesucht werden. Jede der beiden Suchaufgaben war zusätzliche einer weiteren Variante vorhanden, bei welcher die Suche „systembedingt“ jeweils für zehn Sekunden unterbrochen wurde.

Young, Rudin-Brown, Patten, Ceci & Lenné (2013)

Zu Beginn des Versuchs wurde eine zehnminütige Trainingsstrecke im Fahrsimulator gefahren. Als Teststrecke wurden drei sieben Kilometer lange, dreispurige Tunnelabschnitte mit einem Tempolimit von 80 km/h verwendet. Während der Fahrt wurden die Probanden aufgefordert, eine bestimmte Ausfahrt zu nehmen. Die Nebenaufgaben bestanden darin, während der Fahrt Kurznachrichten zu empfangen und diese laut vorzulesen. Bei einer weiteren Fahrt sollten die empfangene Nachrichten auch zu beantwortet werden. In beiden Fällen wurde das eigene Handy für die Bearbeitung der Nebenaufgaben verwendet.